UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

MÉMOIRE D'ÉTUDIANT

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

LES IMPACTS ÉNERGÉTIQUES DANS LES DÉPLACEMENTS EN ZONE URBAINE

Modèles et Programme

par

Van Nguyen Le

Rapport de stage d'étudiant en vue de l'obtention de la maîtrise en informatique dirigé par Michael Florian

Université de Montréal

Centre de recherche sur les transports - Publication #298

Février 1982

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION 1

2. MODELES DE CALCUL DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE EN VILLE 2

2.1 Modèle de Herman, Evans et Lam 2
2.2 Modèle de Simon Cohen 3
2.3 L'interprétation des paramètres dans un modèle 9

3. MODELES D'EQUILIBRE DE RESEAU AVEC COUTS GENERALISES 11

3.1 Fonction de coûts généralisés 11
3.2 Notations 11
3.3 Choix de route 12
3.3.1 Principe descriptif 12

3.4 Algorithme 18

4. APPLICATION: La consommation d'énergie à l'heure de pointe à la ville de WINNIPEG (MANITOBA) 14

4.1 Fonction Volume/Délai 15
4.2 Fonction objective 15
4.3 Fonction de coût sur un arc 16
4.4 La surconsommation due aux départs avec moteur froid .. 18

5. RESULTATS NUMERIQUES 22

5.1 Optimisation du temps 22
5.2 Optimisation d'énergie 24
5.3 Comparaison 26
5.4 L'excès d'essense à cause du facteur "température ambiante" 31

6. UNE METHODOLOGIE POUR DETERMINER k_1, k_2 et θ 32
(modèle linéaire: régression linéaire multiple)

7. CONCLUSIONS 42

7.1 Modèle approprié pour l'économie d'essence 42
7.2 Type de voiture souhaité 43
7.3 Avantages du programme 46

8. APPENDICES 47

1. Cartes de contrôle 48
2. Rapport de sortie 50
3. Programme source 57
4. Normes sur la consommation moyenne de carburant des véhicules neufs au Canada 75
5. Conversion en système métrique 77

BIBLIOGRAPHIE 79

REMERCIEMENTS 83

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES		PAGE
1	Essence consommée (en gal. U.S.) vs temps moyen par unité de distance (heure/mille)	5
2	Consommation unitaire (en litre/100 km) vs vitesse moyenne (en km/h)	
	Pour Renault 5TL : Figure 2.1	7
	Pour Peugeot 504GL : Figure 2.2	8
	Pour Renault 12TL : Figure 2.3	8
3	Paramètre k_1(ml/km) vs masse (kg)	9
4	Paramètre k_2(ml/s) vs la consommation au ralenti (ml/s)	9
5	Consommation d'essence vs température	20
6	Graphique de la surconsommation d'essence (en ml) vs la distance D (en mille)	21
7	La surconsommation d'essence à cause de la température froide	21
8	Résidus (modèle linéaire) vs observation	34
9	Résidus vs essence estimée	36
10	Essence vs poids	45

TABLEAUX		
1	Matrice de corrélation entre les variables examinées	4
2	Valeurs de k_1, k_2 pour certains types de voitures	10
3	Dépendance entre la consommation d'énergie et les facteurs d'environnement	19

TABLEAUX		PAGE
4	Résultats des modèles d'optimisation du temps	23
5	La consommation d'essence dans les modèles T-EQUILIBRE et T-SYSTEME selon certains types de voitures	25
6	La consommation avec une voiture standard 1974 dans les modèles E-EQUILIBRE et E-SYSTEME	26
7	Comparaison de la consommation avec une voiture standard 74 selon 4 modèles étudiés(25 itérations)	26
8	Comparaison de la consommation avec une voiture standard 74 selon 4 modèles étudiés (50 itérations)	28
9	Comparaison de deux modèles T-EQUILIBRE et E-EQUILIBRE -	
10	Résultats sur la consommation avec d'autres types de véhicule	29
11	La surconsommation d'essence à cause du départ en température froide	31
12	Paramètres dans un modèle de régression linéaire multiple	37
13	Résultats obtenus avec le modèle linéaire (Paramètres et la consommation d'essence)	38 39 40
14	Consommation versus modèle d'équilibre pour certains types de voiture	42
15	Consommation unitaire versus poids dans le modèle T-EQUILIBRE	44

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années,on parle beaucoup de la crise énergétique au monde,en particulier au Canada:on ne produit pas assez de pétrole et le prix de l'or noir augmente sans cesse.

Ces facteurs entrainent la nécessité de faire des recherches sur l'économie d'énergie dans divers secteurs,y compris celui des transports. La consommation est très remarquable dans ce domaine: ils utilisent à eux seuls 40% du pétrole consommé au Canada dont une grande partie par les trajets domicile-travail effectués en ville [23] .Ainsi, il semble inévitable que les mesures de conservation doivent commencer dans les villes.

Le but de ce travail est de trouver des modèles adéquats pour comptabiliser la consommation d'essence en zone urbaine.On implante aussi un code pour un modèle équilibre de réseau adapté [1] pour calculer les impacts énergétiques avec la fonction de coût généralisé qui incorpore le temps et la distance comme le coût d'essence (chapitres 2-4) :

$$C = k_1 * \text{Distance} + k_2 * \text{Temps}.$$

Le programme sera testé avec les données du réseau de transport de la ville de Winnipeg.Pour ce réseau , un résultat paradoxal sur le principe descriptif de Wardrop sera discuté (chapitre 5) . Je propose aussi un modèle de régression linéaire multiple pour estimer la consommation d'essence d'une voiture donnée pour une année fixée (chap. 6) Ce modèle nous permet de calibrer facilement le paramètre k_2 dans la formule en haut qui est disponible seulement pour certaines types de voitures étudiées par quelques laboratoires de recherche d'automobile.

Finalement , on examinera la surconsommation d'essence à cause de la température froide.

2. MODELES DE CALCUL DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE EN VILLE

Des études faites séparément dans certaines zones urbaines (Détroit aux Etats-Unis, Paris-Banlieue en France, Londres en Angleterre) ont mené à une même conclusion.

En zone urbaine, la consommation d'énergie peut s'exprimer selon un modèle linéaire simple:

$$C = k_1 + k_2(\frac{1}{\bar{v}}) = k_1 + k_2 \frac{T}{D} \qquad (1)$$

où C est l'énergie consommée par une unité de distance, $\bar{v} = \frac{D}{T}$ est la vitesse moyenne, k_1 et k_2 sont deux paramètres dépendant du véhicule. Ainsi, pour un trajet urbain de distance D dans un temps de parcours T, l'énergie consommée totale F est calculée par

$$F = C * D = k_1 D + k_2 T \qquad (2)$$

2.1 Modèle de Herman, Evans et Lam [13]

A partir d'une liste préliminaire de 48 variables on a sélectionné les 16 suivantes pour examiner l'influence sur la variable X_{17}, la quantité d'essence consommée par unité de distance:

$X_1 = \bar{v} = \frac{D}{T}$, vitesse moyenne.

$X_2 = (\int (v-x_1)^2 dt/T)^{\frac{1}{2}}$ ("speed noise") où v est la vitesse instantanée

X_3 = la fraction de temps où le véhicule est stationnée

$X_4 = \left(\int \frac{a^2 dt}{T}\right)^{\frac{1}{2}}$ ("acceleration noise") où a est l'accélération instantanée

X_5 = la plus grande décélération instantanée

X_6 = la plus grande accélération instantanée

X_7 = la fraction du temps où l'accélération excède $0.3 m/sec^2$

X_8 = nombre d'arrêts complets

X_9 = temps de stationnement

X_{10} = temps moyen par unité de distance (T/D)

$X_{11} = \int avdt$ par unité de distance où $a > 0$

X_{12} = fraction de temps $a < -0.15 m/sec^2$

X_{13} = fraction de distance parcourue où $a < -0.15 m/sec^2$

$X_{14} = \int v^2 dt$ quand $a \geq -0.15 m/sec^2$

$X_{15} = \int v^3 dt$ quand $a \geq -0.15 m/sec^2$

X_{16} = accélération nette définie comme $(v_f - v_i)/T$ où v_f et v_i sont respectivement la vitesse à la fin et la vitesse au départ du parcours.

Ces auteurs, attachés au groupe de recherche de "General Motors Research Laboratories", ont fait enregistrer des donnéees en effectuant des parcours sur 9 routes dans une région métropolitaine de Détroit.

Les coefficients de corrélation entre ces 17 variables sont donnés dans le tableau suivant:

(Document [13])

TABLEAU 1: MATRICE DE CORRELATION ENTRE LES VARIABLES EXAMINEES

Correlation Matrix

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1.00	−0.27	−0.71	−0.40	−0.28	−0.48	−0.57	−0.71	−0.74	−0.91	−0.83	−0.62	−0.89	0.90	0.88	*	−0.79
2		1.00	0.46	0.63	0.49	0.60	0.34	*	*	*	0.37	0.27	*	*	*	*	*
3			1.00	0.32	0.35	0.48	*	0.67	0.93	0.72	0.44	*	0.37	−0.46	−0.44	*	0.65
4				1.00	0.67	0.83	0.65	0.32	*	*	0.79	0.81	0.42	−0.32	−0.30	*	0.31
5					1.00	0.56	0.33	*	*	*	0.48	*	*	*	*	*	*
6						1.00	0.50	0.40	0.35	0.36	0.67	0.41	0.38	−0.35	−0.32	*	0.43
7							1.00	0.34	*	0.42	0.84	0.66	0.84	−0.89	−0.55	*	0.51
8								1.00	0.79	0.85	0.90	0.42	0.51	−0.57	−0.51	*	0.73
9									1.00	0.86	0.41	0.27	0.44	−0.58	−0.51	*	0.74
10										1.00	0.53	0.52	0.84	−0.82	−0.78	*	0.85
11											1.00	0.84	0.62	−0.60	−0.56	*	0.62
12												1.00	0.92	−0.74	−0.65	−0.47	0.35
13													1.00	−0.83	−0.74	−0.44	0.43
14														1.00	0.98	*	−0.67
15															1.00	*	−0.64
16																1.00	*
17																	1.00

* Entries not significant at $p = 0.01$.

On observe que plusieurs variables sont correlées avec la consommation d'essence (X_{17}) et de plus, les coefficients de corrélation de plusieurs variables avec X_{10} et X_1 sont assez forts. Les auteurs ont utilisé un modèle de régression linéaire multiple pour obtenir ces résultats.

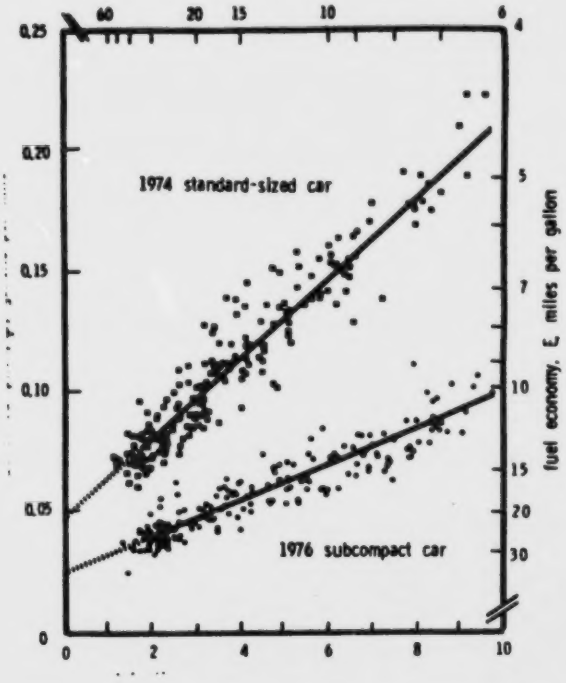
Toutes ces 16 variables expliquent environ 83.4% de la variation de la consommation d'essence, cependant 72% de cette variabilité s'expliquent, par $X_{10} = \frac{T}{D}$ (temps moyen par unité de distance). Ceci est dû au fait que les autres variables relatives à la consommation d'essence sont elles-mêmes corrélées assez fortement à X_{10}.

On choisit donc le modèle simple

$$X_{17} = k_1 + k_2 X_{10} + \varepsilon$$

pour expliquer la consommation urbaine d'essence.

D'où X_{17} estimé = $k_1 + k_2(\frac{1}{\bar{v}})$ (avec $14^{km}/_h \leq \bar{v} \leq 68^{km}/_h$)



ESSENCE CONSOMMEE (EN GAL. U.S.) VS TEMPS MOYEN PAR UNITE DE DISTANCE (HEURE/MILLE)

FIGURE 1

(Transportation Science, Vol.12, No.2 May 1978 [15])

Graphique de $\hat{X}_{17}$ versus $\bar{t} = X_{10} = \frac{1}{\bar{v}}$ pour des données réelles,

où X_{17} en gal $U.S./_{mille} = 2.3521^{litres}/_{km}$

$\bar{t}$ en $minutes/_{mille} = .6214 minutes/_{km}$

2.2 Modèle de Simon Cohen (Institut de Recherche de Transports, France)

Selon Cohen[6] les douze paramètres caractérisant les déplacement urbains qui ont le plus d'influence sur la consommation d'essence sont les suivant :

Longeur du trajet en kilomètres (km)	Distance
Durée du trajet en minutes (mn)	Durée
Vitesse moyenne du trajet en km/h	Vitesse
Temps kilométrique moyen (inverse de la vitesse moyenne) en mn/km	tem-kilo
Consommation urbaine en litre/100km (moy. spatiale)	Cons-Spa
Consommation en litre/heure (moy. temporelle)	Cons-tem
Pourcentage de temps d'arrêt du trajet	% T-arrêt
Fréquence des arrêts du parcours en km	Arrêt-km
Pente algébrique moyenne par mn	Pent-tem
Pente algébrique moyenne par km	Pent-spa
Fréquence de changement de rapport de boîte au km	Chavi/km
Fréquence de changement de rapport de boîte par unité de temps (mn)	Chavi/mn

En utilisant une méthode de statistique multidimensionnelle: "l'analyse en composantes pricipales" avec les données obtenues de cent vingt parcours, Cohen a recensé les paramètres les mieux correlés à la consommation d'énergie et il a fourni le même modèle que celui de Evans et al [15] :

$$C = a\left(\frac{1}{v}\right) + b$$

où C en litre/100km , v est la vitesse moyenne en km/h.

Pour des vitesses moyennes entre 10 et 60 km/h, les données recueillies sur Renault 5TL, Renault 12TL et Peugeot 504GL ont justifié ce modèle linéaire avec une erreur moyenne ±5% (ces trois voitures représentent les 3 groupes principaux de voitures en France [7] page 16 :

- bas de gamme (puissance fiscale inférieure ou égale à 6 CV:R5TL)
- gamme moyenne (puissance fiscale comprise entre 7 et 9 CV:R12TL)
- haut de gamme (puissance fiscale supérieure ou égale à 10CV: Peugeot 504GL))

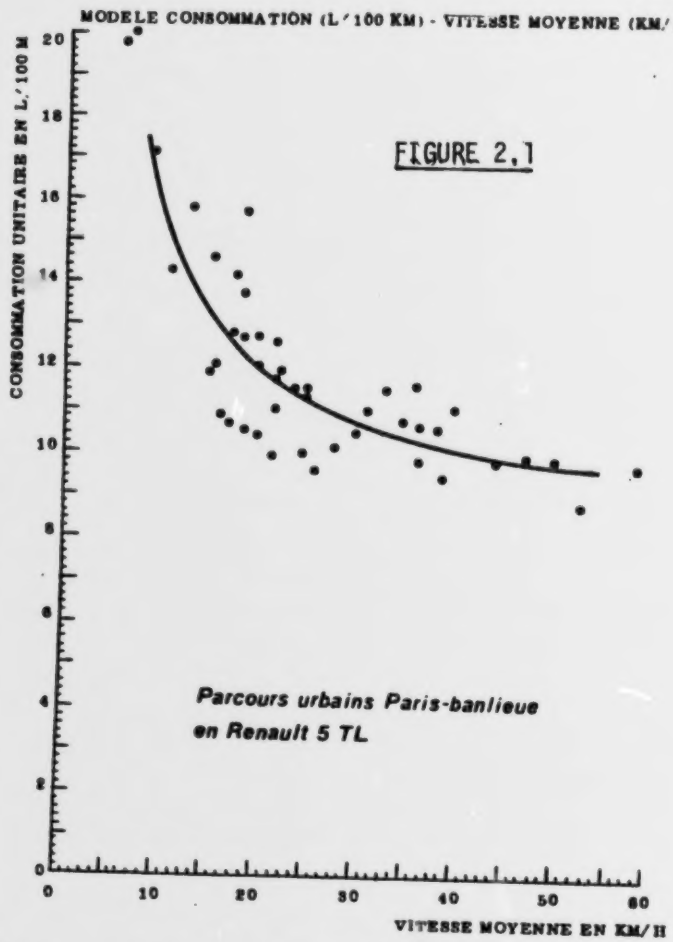


FIGURE 2,1

(Cohen Simon, "Recherche-Transports" [5])

CONSOMMATION UNITAIRE (EN LITRE/100 KM) VS VITESSE MOYENNE (EN KM/H) POUR RENAULT 5TL

CONSOMMATION UNITAIRE (en LITRE/100KM) VS VITESSE MOYENNE (KM/H)

FIGURE 2.2:

POUR PEUGEOT 504GL

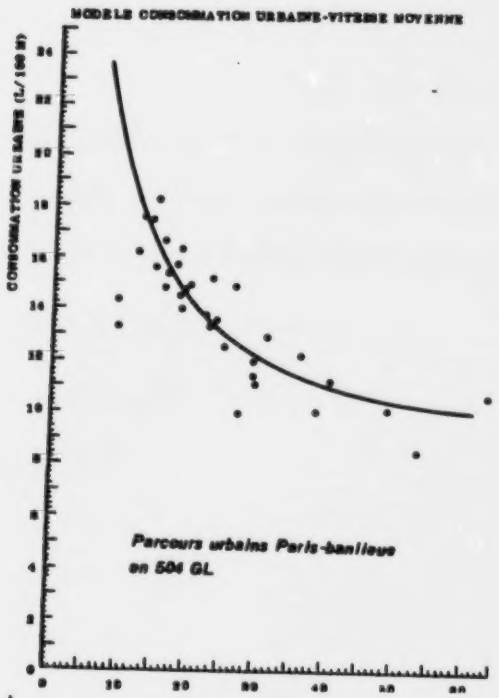
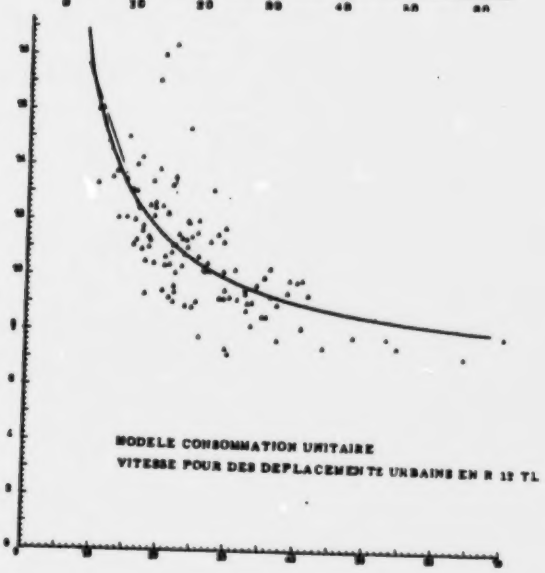


FIGURE 2.3:

POUR RENAULT 12TL



2.3 L'interprétation des paramètres k_1 et k_2

Des tests effectués aux Etats-Unis avec un large éventail de voitures et en France avec des voitures de gamme différente semblent indiquer que le paramètre k_1 est proportionnel à la masse du véhicule tandis que le paramètre k_2 est proportionnel à la consommation au ralenti du véhicule nécessaire pour vaincre les pertes mécaniques.

Selon Evans, Herman et Lam on a:

$k_1 = .0484 * \text{Poids}$ où Poids en kg et k_1 en ml/km

$\Rightarrow \quad k_1 = .00484 * \text{Poids}$ litre/100km (unité internationale)

et $k_2 = 1.21 * I$ où : $\begin{cases} I \text{ est la consommation au ralenti en ml/sec} \\ k_2 \text{ en ml/s aussi} \end{cases}$

$= 4.356 * I$ litres/heure

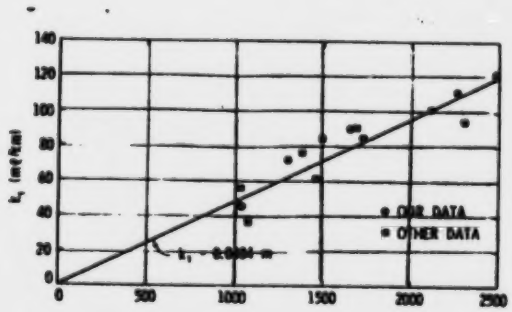


FIGURE 3: Paramètre k_1 (ml/km) vs Masse (kg)

FIGURE 4 : Paramètre k2(ml/s) vs la consommation au ralenti (ml/s)

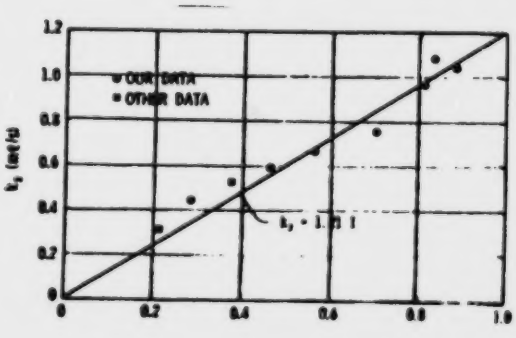


TABLEAU 2

TYPE	ANNEE	K1	K2
STANDARD SIZED CAR	1974	.047400	.994000
STANDARD SIZED CAR	1975	.040200	.917000
SMALL IMPORT CAR	1974	.019400	.631000
INTERMEDIATE SIZE CAR	1975	.036200	.719000
LARGE LUXURY CAR	1974	.051800	1.031000
SUBCOMPACT STATION WAGON	1975	.030700	.561000
SUBCOMPACT CAR	1973	.038400	.418000
INTERMEDIATE SIZE CAR	1975	.036500	.999000
SUBCOMPACT CAR	1976	.024800	.446000
AVERAGE VALUES(U.S.A)	****	.036200	.746000
RENAULT 12 TL(FRANCE)	****	.027700	.423000
RENAULT 5 TL(FRANCE)	****	.034100	.338000
PEUGEOT 504 GL(FRANCE)	****	.033500	.556000
VAUXHALL VIVA(LONDRE)	****	.024000	.493000
FORD ZEPHYR(LONDRE)	****	.036100	.813000
7 TON LORRY(LONDRE)	****	.068700	.328000

K1 EN GALLON U.S/MILE

K2 EN GALLON U.S/HRE

1 GALLON U.S=3.78532 LITRES

1 GALLON CAN.=4.54596 LITRES

Valeurs de k_1, k_2 pour certains types de voitures

à Détroit (Etats-Unis)

à Paris-Banlieue (France)

à Londres (Angleterre)

3. MODELES D'EQUILIBRE DE RESEAU AVEC COUTS GENERALISES [1] et [17]

Pour caractériser les choix des itinéraires des automobilistes selon un modèle d'affectation de trafic d'équilibre on utilise souvent des courbes volume-délai basées seulement sur le temps de parcours. Avec l'augmentation sans cesse croissante du prix du pétrole il semble que les utilisateurs du réseau détermineront leurs itinéraires de façon à minimiser leur coût de consommation d'essence de parcours.

3.1 Fonction de coûts généralisés: Dow et Van Vliet [10] et Paul Hamelin [17] proposent une fonction de coût généralisé incorporant le temps et la distance. L'énergie consommée totale F pour un parcours urbain de distance D, de durée T est un cas typique de coût généralisé:

$$F = k_1 D + k_2 T$$

Il est intéressant de rappeler que pour un réseau donné, le temps de parcours sur chaque arc est donné par une fonction volume/délai $t_a(v_a)$ qui est convexe et monotone du flot v_a (à cause de la congestion).

3.2 Notations: Soit un réseau de transport.

On dénote par:

A : ensemble des arcs (ou liens) du réseau

v_a : flot sur l'arc a

OD : ensemble des paires Origine-Destination du réseau

g_{pq}: élément de la matrice O-D (nombre de véhicules partant de p et allant à q)

L_{pq}: ensemble des chemins entre p et q

$h_{k,pq}$: flot entre la paire p-q utilisant le chemin $k \in L_{pq}$

$$\delta_{ak,pq} \begin{cases} 1 & \text{si l'arc a fait partie du chemin } k \in L_{pq} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$t_a(v_a)$: temps de parcours sur l'arc a, c'est une fonction croissante (à cause de congestion) et continue pour $v_a \geq 0$.

3.3 Choix de route

Il est difficile de décrire les comportements des automobilistes dans le choix des parcours par des principes généraux qui auront la même validité que certaines lois de physique. Cependant, il existe quelques principes de base pour la modélisation des phénomènes de comportements des utilisateurs d'un réseau.

Les principes de Wardrop[1] sont souvent utilisés pour construire des modèles de systèmes de transport.

3.3.1. Principe descriptif (Optimisation égoiste) de Wardrop:

Ce principe peut s'énoncer comme suit : les coûts de déplacement sur les routes utilisées sont égaux et plus petits que les coûts de déplacement sur les routes non utilisées. Du point de vue mathématique , ce principe se formule comme:

$$\left.\begin{array}{l} \sum_a \delta_{ak,pq} \{k_1 d_a + k_2 t_a(v_a)\} = u_{pq} \quad \text{si} \quad h_{k,pq} > 0 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad u_{pq} \quad \text{si} \quad h_{k,pq} = 0 \end{array}\right\} \quad (3)$$

$$(4) \quad \text{s.à} \begin{cases} \left.\begin{array}{l} \sum_k h_{k,pq} = g_{pq} \qquad \forall p,q \in O\text{-}D \\ \sum_p \sum_q \sum_k \delta_{ak,pq}\, h_{k,pq} = v_a \qquad \forall_a \in A \end{array}\right\} \text{conservation de flots} \\ \left.\begin{array}{l} h_{k,pq} \geq 0 \qquad \forall k \in L_{pq} \; \forall p,q \quad O\text{-}D \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{non}\\ \text{négativités}\\ \text{des flots}\end{array} \end{cases}$$

En utilisant des conditions d'optimalité de Kuhn Tucker(voir par exemple [20]) on prouve facilement [17] que le problème de minimisation suivant est équivalent au modèle d'optimisation égoiste de Wardrop:

$$\begin{cases} \text{Min} \sum_a \int_0^{v_a} (t_a(x) + \theta d_a)\, dx \\ \text{s.à} \quad (4) \end{cases}$$

où $\theta = k_1 / k_2$.

Pour $\theta = 0$, les conducteurs veulent minimiser leur temps de parcours (modèle T-EQUILIBRE).

Pour $\theta \neq 0$, les automobilistes cherchent à minimiser un coût généralisé de parcours incorporant le temps et la distance donc indirectement le coût d'énergie (E-EQUILIBRE).Dans les prochaines chapitres on va comparer des coûts d'énergie selon les 4 modèles pour un cas réel.

3.4 Algorithme

Pour le principe descriptif la fonction objectif est

$$\sum_a \int_0^{v_a} (t_a(x) + \theta d_a)dx$$

$$= \sum_{a\in A} \int_0^{v_a} t_a(x)dx + \theta \sum_{a\in A} d_a v_a$$

Comme t_a est continue et croissante on a $\sum_{a\in A} \int_0^{v_a} t_a(x)dx$ est strictement convexe, d'autre part $\theta \sum_{a\in A} d_a v_a$ est linéaire en v_a donc convexe, ainsi l'objectif est strictement convexe.

D'où v_a optimal est unique et par conséquent les u_{pq} également.

On utilise l'algorithme L.A.P. 1 basé sur la méthode de Frank-Wolfe pour résoudre le problème. (Voir 17 pp 10-11 ou 1 append.)

On peut utiliser le même algorithme pour le principe normatif (Notes de cours IFT 6701 de M. Florian ,U.D.M.)

4. APPLICATION: LA CONSOMMATION D'ENERGIE A L'HEURE DE POINTE DANS LA VILLE DE WINNIPEG (MANITOBA)

Cette ville nous fournit beaucoup de données sur son réseau de transport qui comporte:

147 centroïdes
1052 noeuds
2836 liens

avec une matrice O-D obtenue par une enquête dans cette ville en 1976.

4.1 Fonction volume/délai

Dans le cas de la ville de Winnipeg, la fonction $t_a(v_a)$ est définie par $t_a(v_a) = d_a t_a^0 \{1 + \alpha(v_a/c_a)^\beta\}$

où d_a : longeur du lien a

c_a : capacité du lien a

t_a^0 : temps de parcours sans congestion par unité de distance

et α, β deux paramètres à être calibrés à l'aide des données observées.

4.2 Fonction objectif

A cause de la particularité de la fonction volume/délai de Winnipeg on pourra obtenir une même forme (à 2 paramètres près) de la fonction objectif selon 4 modèles décrits au chapitre 3:

$$\sum_a \int_0^{v_a} (t_a(x) + \theta d_a)dx \quad \text{ou} \quad \begin{cases} \theta = 0 \iff \text{T-EQUILIBRE} \\ \theta \neq 0 \iff \text{E-EQUILIBRE} \end{cases}$$

$$\sum_a (t_a(v_a) + \theta d_a)v_a \quad \text{où} \quad \begin{cases} \theta = 0 \iff \text{T-SYSTEME} \\ \theta \neq 0 \iff \text{E-SYSTEME} \end{cases}$$

Comme $$\int_0^{v_a} t_a(x)d_x = \int_0^{v_a} d_a t_a^0 \{1 + \alpha(\frac{x}{c_a})^\beta\}\, dx$$

$$= d_a t_a^0 \{1 + \alpha(\frac{v_a}{c_a})^\beta/(\beta+1)\}\, v_a \,,$$

On en déduit la fonction "Objectif-Egoiste" :

$$= \sum_a \left[d_a t_a^0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta / (\beta+1) \right\} v_a + \theta d_a v_a \right]$$

et la fonction "Objectif-Collectif" :

$$= \sum_a \left[d_a t_a^0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta \right\} v_a + \theta d_a v_a \right]$$

Ainsi on peut généraliser cette fonction objectif comme suit:

$$\text{Objectif} = \sum_a \left[d_a t_a^0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta / (C_1\beta+1) \right\} v_a + C_2 \theta d_a v_a \right]$$

où $C_1 = 1$, $C_2 = 1$ ⇒ E-EQUILIBRE

$C_1 = 1$, $C_2 = 0$ ⇒ T-EQUILIBRE

$C_1 = 0$, $C_2 = 0$ ⇒ T-SYSTEME

$C_1 = 0$, $C_2 = 1$ ⇒ E-SYSTEME

(Dans le programme le calcul de la fonction objectif pour un donné est dans "Real function SUMTRA(IC1, IC2 ,LAMBDA)).

4.3 Fonction de coût sur un arc

Pour le principe descriptif , on a :

$$\frac{d}{dv_a}\left[\int_0^{v_a} (t_a(x) + \theta d_a) dx \right] = t_a(v_a) + \theta d_a$$

$$= d_a t_a^0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta \right\} + \theta d_a$$

Pour le principe normatif, on a:

$$(t_a(v_a) + \theta d_a) + v_a \cdot \frac{d}{dv_a} (t_a(v_a) + \theta d_a)$$

$$= d_a t_a^0 \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta \right\} + \theta d_a + d_a t_a^0 \ \alpha\beta \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta$$

$$= d_a t_a^0 \left\{ 1 + \alpha (1 + \beta) \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta \right\} + \theta d_a .$$

On peut avoir une formule commune avec les mêmes paramètres comme dans le cas de la fonction objective:

$$\text{Coût sur arc} = d_a t_a^0 \left(1 + \alpha(1 + (-C_1+1)\beta) \left(\frac{v_a}{c_a}\right)^\beta \right) + C_2 \theta d_a$$

où $C_1 = 1, C_2 = 1 \Rightarrow$ E-EQUILIBRE

$C_1 = 1, C_2 = 0 \Rightarrow$ T-EQUILIBRE

$C_1 = 0, C_2 = 0 \Rightarrow$ T-SYSTEME

$C_1 = 0, C_2 = 1 \Rightarrow$ E-SYSTEME .

(C'est la fonction USERCST(J,IC_1, IC_2) dans le programme)

En se basant sur le programme "Traffic" de Linda James et Sang Nguyen et "Traffwin" de Paul Hamelin [17] avec certaines modifications convenables, on pourra mesurer la quantité d'essence consommée à l'heure de pointe à Winnipeg pour un type de voiture particulier où on connaît k_1 et k_2.

4.4 La surconsommation due à la température froide

Auparavant les mesures officielles de consommation servant de référence sont réalisées moteur chaud et de ce fait les valeurs de consommation durant la mise en température du moteur et/ou en circulation par temps froid son peu ou pas connues. Il faut souligner que la surconsommation due au départ par température froide est importante. Les départs entraînent largement l'usage du démarreur; pour une température de 20°C l'utilisation du démarreur est arrêté dans moins de 10 secondes. Cependant quand la température baisse à 3-4°C on devrait utiliser le démarreur au moins 30 secondes. De plus le moteur n'atteint pas souvent sa température nominale et donne un mauvais rendement qui accroît la consommation d'essence. En France, une étude montre que le simple départ à la température 20° C nécessite entre 0,15 et 0,25 litre de carburant en frais fixes, d'autre part on observe des consommations supplémentaires de 0,2 litre par diminution de 1 degré de la température extérieure pour une Renault 5 en circulation urbaine. On peut citer quelques raisons:

- l'utilisation des auxiliaires: éclairage - chauffage - etc.;
- la chaussée est plus souvent mouillée ce qui accroît la résistance à l'avancement;
- une plus grande densité de l'air accroît la résistance aérodynamique.

Simon Cohen [5] a effectué un test du khi-carré pour analyser les dépendances éventuelles entre la variable consommation

d'énergie et les facteurs d'environment. Ce test conduit à admettre une relation de dépendance entre la consommation du véhicule et la température ambiante:

DEPENDANCE ENTRE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET LES FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

TABLEAU 3

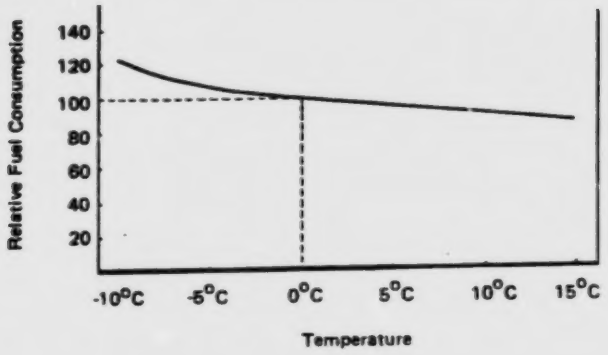
	KHI-DEUX calculé	Valeur critique au seuil 5 %	Valeur critique au seuil 1 %	Hypothèse d'indépendance
Consommation et température	23.32	12.59	16.81	Rejetée
Consommation et état de la route	2.90	5.99	9.21	Acceptée
Consommation et auxiliaires	2.19	5.99	9.21	Acceptée
Consommation et jour de semaine	5.85	5.99	9.21	Acceptée
Consommation et agglomérations	53.84	12.59	16.81	Rejetée
Consommation et conducteur	3.38	5.99	9.21	Acceptée
Consommation et régularité du parcours	0.91	5.99	9.21	Acceptée
Consommation et gamme du véhicule	2.01	9.48	13.27	Acceptée

En France on estime aussi que la consommation spécifique en hiver est supérieure de 15 à 20% à la consommation d'été.

Cette surconsommation est confirmée par une étude de l'Université de Calgary [27] en 1977:

FIGURE 5 :

CONSOMMATION D'ESSENCE VS TEMPERATURE



Source: University of Calgary (1977)

(document [27] page 12)

Une étude faite par les laboratoires de recherche de la compagnie "General Motors" à Détroit (Etats-Unis) démontre qu'en tenant compte de la température froide, la formule (2) sur la consommation d'essence devient:

$$F = \Delta F + k_1 D + k_2 T \qquad (5)$$

où ΔF est représenté par un des deux graphiques suivants:

FIGURE 6 : Graphique de ∇F (la surconsommation de l'essence) versus distance D selon certaines températures.

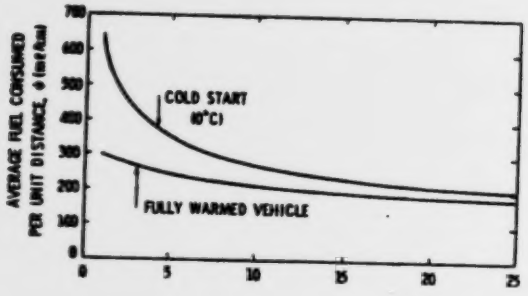
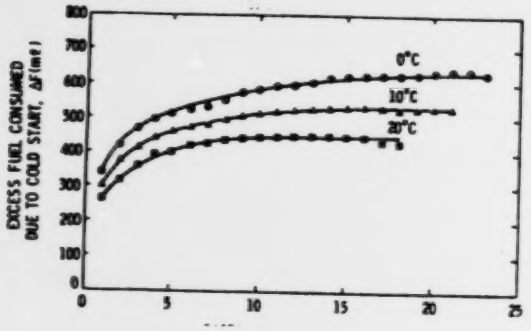


FIGURE 7 : La surconsommation d'essence à cause du départ à la température froide. Document 3 .



On suppose que les conducteurs ne tiennent pas compte de la surconsommation d'essence à cause de température froide pour choisir leur route. Cependant dans le programme on va comptabilisé cette quantité d'excès d'essence pour avoir une idée sur l'impact de la température. (Pour les détails de ce calcul voir [1])

A Montréal 42.8% des automobilistes utilisent des chauffe-moteurs et 53.1% disposent d'un garage pour leur voiture [26].

5. RESULTATS NUMERIQUES

Il est intéressant de noter que le choix de route dépend uniquement de θ (qui est $.60\ k_1/k_2$ dans le programme) Pour un θ fixe, les choix sont bien déterminés.

5.1 Optimisation du temps

Pour les deux modèles T-EQUILIBRE et T-SYSTEME où $\theta = 0$, le choix de route est indépendant de k_1 et k_2 donc du type de voiture.

Le programme calcule le temps total de déplacement T en heure et la distance totale parcourue D en km pour le réseau entier. Ainsi on peut déterminer la vitesse moyenne à l'heure de pointe à WINNIPEG (pour aller au travail dans ce programme)

$$\bar{v} = \frac{D}{T} \quad \text{en km/h .}$$

La consommation d'essence moyenne pour un type de voiture donné (k_1 et k_2 connus) sur une distance de 100 km est

$$C = 100(k_1 + \frac{k_2}{\bar{v}})$$

où k_1 et k_2 en l/km et l/h respectivement. La quantité d'essence consommée totale est alors

$$F = k_1 D + k_2 T \quad \text{ou} \quad F = 0.01 * D * C \quad \text{(D en km)}$$

TABLEAU 4 :

RESULTATS DES MODELES D'OPTIMISATION DU TEMPS

Résultats \ Modèle	T-EQUILIBRE	T-SYSTEME
$T = \sum_a t_a v_a$ en hr.	19285	18392
$D = \sum_a d_a v_a$ en km	602654 (≃374473 miles)	664445 (≃412868 miles)
Vitesse moyenne $\bar{v} = D/T$ (km/h)	31.25	36.13

(Résultats obtenus avec 50 itérations)

Comme $\bar{v}$ (T-EQUILIBRE) < $\bar{v}$ (T-SYSTEME)

pour k_1 et k_2 donnés, on a

$$C(\text{T-EQUILIBRE}) > C(\text{T-SYSTEME})$$

(formule $C = k_1 + \frac{100k_2}{\bar{v}}$) .

Donc la consommation d'essence unitaire C sur un parcours urbain de longueur 100 km pour le modèle T-EQUILIBRE est, en moyenne, plus grande que celle du modèle T-SYSTEME. Mais on ne peut pas conclure que le modèle T-SYSTEME est plus efficace au point de vue de la consommation d'énergie pour la société (réseau entier) que l'autre modèle. La raison est que la quantité d'essence totale utilisée est $F = 0.01 * D * C$ et la distance D pour le modèle T-SYSTEME est plus grand que D pour T-EQUILIBRE.

On a: $F_{\text{T-SYSTEME}} < F_{\text{T-EQUILIBRE}}$

$\Leftrightarrow k_1 * 664445 + k_2 18392 < k_1 602654 + k_2 19285$

$\Leftrightarrow k_1 \quad (664445-602654) < (19285 - 18392)$

k_1 / k_2

$\Longleftrightarrow \quad \theta_0 = k_1/k_2 < .01445194$

Avec des données réelles sur les deux paramètres, le modèle T-EQUILIBRE est plus efficace que T-SYSTEME pour l'économie de la consommation d'énergie totale pour la ville de Winnipeg.

(Voir Tableau à la page suivante)

5.2 Optimisation d'énergie

Pour les deux modèles E-EQUILIBRE et E-SYSTEME où $\theta \neq 0$, le choix de route est dépendant des paramètres k_1, k_2 (en réalité, le choix dépend uniquement de k_1 / k_2).

Ainsi T et D changent selon le type de voiture, donc la vitesse moyenne aussi.

Pour une voiture déterminée, la quantité d'essence consommée totale F avec le modèle E-SYSTEME est une borne inférieure réaliste (une autre borne plus petite est celle où on laisse tomber la congestion du réseau).

Si vraiement il y a une large différence entre cette borne et la quantité F pour les 3 autres modèles, il sera intéressant d'examiner le coût d'implantation d'un système de contrôle pour le réseau afin de diriger la circulation à l'heure de pointe d'une manière rapprochée de la solution du modèle E-SYSTEME.

	T-EQUILIBRE	T-SYSTEME
TEMPS TOTAL PARCOURU	: 19285 HEURES	18392 HEURES
DISTANCE TOTALE PARCOURUE	:602654 KMS	664445 KMS
VITESSE MOYENNE	: 31.25 KM/H	36.13 KM/H

TYPE DE VOITURE	ANNEE	POIDS(KG)	ESSENCE CONSOMMEE EN LITRE T-SYST	T-EQUIL
SMALL IMPORTED CAR	1974	1033	74223	73544
SUBCOMPACT STATION WAGON	1975	1285	81072	78219
BRISTISH CAR	1955	1372	85678	82612
AUSTRALIAN STATION WAGON	1965	1451	80658	78733
BRISTISH CAR	1964	1478	91642	88106
SUBCOMPACT CAR	1973	1642	89132	84967
INTERMEDIATE SIZED CAR	1975	1720	106613	103784
STANDARD SIZED CAR	1974	2259	143336	139800
STANDARD SIZED CAR	1975	2291	126711	123962
LARGE LUXURY SIZED CAR	1974	2483	152702	148661

TABLEAU 5 : La consommation d'essence dans les modèles T-EQUILIBRE et T-SYSTEME selon certains types de voitures.

Pour une voiture de type standard 1974 où

k_1 = 11.159 litres/100 km , k_2 = 3.762 litres/hr , on obtient

TABLEAU 6: La consommation avec une voiture standard 1974 dans les modèles E-EQUILIBRE et E-SYSTEME.

Résultats / Modèle	D(km)	T(hr)	$\bar{v} = D/T$ en km/h	C·l/100 km	F(litres)
E-EQUILIBRE	569084	22108	25.74	25.77	146488
E-SYSTEME	613234	18769	32.67	22.68	139040

5.3 Comparaison de la consommation selon un modèle d'optimisation et un type de voiture

5.3.1 Essai avec une voiture standard 1974

A cause de la taille du réseau et des expériences dans le passé avec la version T-EQUILIBRE un des critères d'arrêt est que le nombre d'itérations requises ne dépasse pas en général 20 itérations.

Résultats / Modèle	T en heure	D en km	$\bar{v}$ en km/h	F (litres)
E-SYSTEME	19130	620291	32.42	141185
T-EQUILIBRE	19474	605263	31.08	140802
E-EQUILIBRE	22253	570707	25.65	147401
T-SYSTEME	18971	677627	35.72	146985

TABLEAU 7 COMPARAISON DE LA CONSOMMATION AVEC UNE VOITURE STANDARD SELON 4 MODELES ETUDIES(25 itérations)

Il y a tout de suite deux résultats qui semblent paradoxaux :

1°) la borne inférieure $F_{(E\text{-}SYSTEME)}$ dépasse $F_{(T\text{-}EQUILIBRE)}$

2°) pour le principe d'optimisation égoïste, pour la société le modèle T-EQUILIBRE est plus efficace que E-EQUILIBRE.

Cas 1°) On sait que l'algorithme Frank-Wolfe converge assez lentement vers la solution otpimale. Dépendant de la fonction objectif après 25 itérations la solution trouvée pourrait être très proche ou non de la solution otpimale. Théoriquement on ne peut pas avoir $F_{(E\text{-}SYSTEME)} > F_{(autre\ modèle)}$. En ajoutant dans le programme la variable "GAP", on trouve une explication pour ce résultat douteux :

Après 25 itérations, on a:

GAP(E-SYSTEME) = 4.31%

GAP(T-EQUILIBRE) = 1.74%

Ainsi pour la version T-EQUILIBRE on est proche de la solution optimale , ce n'est pas le cas de E-SYSTEME . Pour régler ce problème, un nouveau critère d'arrêt est que le "GAP" soit plus petit qu'une tolérance fixée. Avec le réseau de Winnipeg une borne 1.7 pour GAP est satisfaisante. Si on n'a pas assez de temps alloué pour avoir une solution souhaitable, on peut emmagasiner les flots à la fin dans un fichier et s'en servir comme flots initiaux lors d'une deuxième exécution du programme (avec un peu de modification: quelques instructions de plus dans le programme original).

Au point de vue de l'erreur numérique il vaut mieux emmagasiner avec le plus de décimale possible (j'ai déjà testé la solution avec 50 itérations et celle obtenue en démarrant avec une solution après 25 itérations comme départ et en faisant tourner 25 autres cycles,on a obtenu les mêmes résultats numériques en emmagasinant les flots avec le format F20.14 par exemple sur Cyber). A 50 itérations , on a:

TABLEAU 8 COMPARAISON DE LA CONSOMMATION AVEC UNE VOITURE STANDARD 1974 SELON 4 MODELES ETUDIES (50 itérations).

Résultats / Modèle	T (en heure)	D (en km)	$\bar{v}$ km/h	F (litres)
E-SYSTEME	18769	613234	32.67	139040
T-EQUILIBRE	19285	602654	31.25	139800
E-EQUILIBRE	22108	569084	25.74	146488
T-SYSTEME	18392	664445	36.13	143336

où GAP(E-SYSTEME) $\simeq$ 1.59 %

GAP(T-EQUILIBRE) $\simeq$ 0.52 % et le problème 1^{o}) est résolu.

Cas 2^{o}) On a :

	$F_{T\text{-EQUILIBRE}}(\ell)$	$F_{E\text{-EQUILIBRE}}(\ell)$	Résultat
25 itérations	140802 GAP=1.74%	147401 GAP=0.81%	$F_T < F_E$
50 itérations	139800.0 GAP=.52%	146488 GAP=.35%	$F_T < F_E$

TABLEAU 9 COMPARAISON DE DEUX MODELES T-EQUILIBRE et E-EQUILIBRE.

Même qu'on n'est pas encore à l'optimum , les petites valeurs de "GAP" nous assure qu'on n'est pas si loin. Ainsi , il est bon de croire que les v_a trouvés sont satisfaisants pour la comptabilité des coûts de la consommation d'essence selon d'un modèle donné.De plus , la marge de 4%

entre F_T et F_E est significative.Chaque conducteur voudrait minimiser son coût d'énergie mais à la fin, le coût total est moins élevé si on suggère aux gens de choisir la route pour minimiser leur temps de parcours.On va essayer de regarder les autres types de voitures et de tirer une conclusion sur cette observation.

5.3.2 Résultats avec d'autres types de véhicule

Avec des voitures examinées en bas , on trouve que le modèle T-EQUILIBRE est meilleur que E-EQUILIBRE pour cette ville.Mathématiquement , rien ne nous assure que le modèle E-EQUILIBRE devrait être plus profitable que l'autre modèle comme on croyait aussi souvent. (Ce n'est pas difficile à trouver des contre-exemples numériques sur ces faits.)Par contre , l'efficacité d'un modèle dépend non seulement de 0 (qui déterminent le comportement des conducteurs) mais aussi de deux paramètres k_1 et k_2 (pour le calcul du coût d'énergie).

TYPE DE VOITURE	T-EQUIL	E-EQUIL
STANDARD SIZED CAR	139751.	146630.
SMALL IMPORT CAR	73562.	77011.
INTERMEDIATE SIZE CAR	103800.	108835.
LARGE LUXURY CAR	148689.	155917.
SUBCOMPACT STATION WAGON	84470.	88631.
SUBCOMPACT CAR	67712.	70972.
RENAULT 12 PARIS	70144.	73490.
PEUGEOT 504 GL(FRANCE)	88074.	92502.
7 TON LORRY(LONDRE)	121326.	123213.

TABLEAU 10 RESULTATS SUR LA CONSOMMATION D' ESSENCE AVEC AUTRES TYPES DE VEHICULE.

Il est important de noter que deux valeurs différentes de k_1 et k_2 peuvent donner un même θ ($=.6k_1/k_2$ dans le programme), donc même D, T mais le coût d'énergie varie selon la formule $F = k_1D + k_2T$.

Pour le réseau de WINNIPEG, avec un type de voiture fictif où $\begin{cases} k_1 = .3347 \text{ gal U.S./mile} \\ k_2 = .994 \text{ gal U.S./heure} \end{cases}$

on a $\theta = .6\ k_1/k_2 = 0.20203219$.

Le programme nous fournit (pour E-EQUILIBRE)

$T = 29092$ heure

$D = 343327$ mile

$F = k_1D + k_2T = 143829$ gal U.S.

$= 544439$ litres.

Pour T-EQUILIBRE on a:

$F = k_1(374473) + k_2(19285) = 269089$ gal U.S.

$= 1018588$ litre .

Ainsi, avec $\theta = 0.20203219$ on a:

$F_{\text{T-EQUILIBRE}} = 1018588 \text{ litres} > F_{\text{E-EQUILIBRE}} = 544439 \text{ litres}$

Malheureusement, des k_1 et k_2 obtenus à partir des tests sur les voitures réelles donnent des θ plus petits que cette valeur fictive.

5.4 La surconsommation d'essence à cause de la température

On a simulé avec un seul type de voiture:

Véhicule Standard 1974, k_1 = .11159 l/km

k_2 = 3.762 l/h

TABLEAU 11 LA SURCONSOMMATION D'ESSENCE A CAUSE DE LA TEMPERATURE FROIDE

Température / Modèle	0°C	10°C	20°C	Moyenne de trois premières	Normale (Eté)
T-équilibre	36332	31740	27440	31837	139852 (totale) GAP = .69%
(Pourcentage d'excès)	25.97	22.69	19.62	22.76	
E-SYSTEME	36407	31793	27478	31893	139251 GAP = 2%
(% d'excès)	26.14	22.83	19.73	22.90	
E-équilibre	36176	31672	27398	31749	146707.65 GAP = .49%
(% d'excès)	24.66	21.58	18.67	21.64	
T-système	36566	31869	27523	31986	143634 GAP = 3.8%
(% d'excès)	25.46	22.18	19.16	22.27	

(Résultats en litres pour la consommation)

Pour une température moyenne d'environ 10°C, la surconsommation est de l'ordre de 22.5% pour n'importe quel modèle. L'impact du facteur "température ambiante" sur la consommation d'énergie est donc loin d'être négligeable. Pour un hiver froid avec -20°C, il se peut que ce surplus atteigne près de 30%.

6. UN MODELE POUR DETERMINER k_1 , k_2 et θ

On a vu des modèles linéaires dans le chapitre 2 pour calculer la quantité d'essence utilisée pour une unité de distance :

$$C = k_1 + k_2 \left(\frac{1}{\bar{v}}\right).$$

On sait aussi que k_1 est proportionnel au poids de la voiture et k_2 à la consommation au ralenti.Dans l'algorithme,une valeur déterminée de θ nous donne des comportements des conducteurs dans le choix des routes (flots v_a) et à partir de ces flots on utilise k_1 et k_2 pour comptabiliser la quantité d'essence consommée selon un de 4 modèles décrits au chapitre 3.

Une difficulté est que les essais comme celles de Evans et al [15] ont faits sont trop coûteux.D'autre part les statistiques disponibles sur une voiture particulière ne nous permettent pas de savoir la consommation au ralenti pour déterminer k_2.

Dans le programme , comme la distibution des zones du réseau de Winnipeg, la matrice O-D ,le temps de parcours ...etc ... sont des données antérieures à 1976 , j'utilise les chiffres de Evans,Herman [14] pour la consommation si une voiture moyenne à Winnipeg est de tel type.Par contre je propose aussi un modèle de régression linéaire multiple pour calibrer ces paramètres k_1 et k_2. Ce modèle nous aide à estimer la consommation d' essence à partir de certaines caractéristiques d'une voiture pour une année fixée (des résultats suivants pour l'année 1980).

J'ai déjà testé certains modèles proposés aux Etats-Unis (par exemple [21]) , malheureusement les résultats obtenus ne sont pas bien correlés avec les tests effectués par Transport Canada [25] .

Le modèle mathématique:

$$Y = a + b * \text{POIDS} + c * (\text{NB DE CYLINDRE}) + d * \text{CYLINDREE} + \epsilon$$

où Y est la quantité d'essence consommée en litre pour 100 km

POIDS est la masse de voiture en kg

CYLINDREE la taille de cylindre en litre

ϵ est une variable aléatoire qu'on suppose $N(0, \sigma^2)$.

Les données sont tirées de:

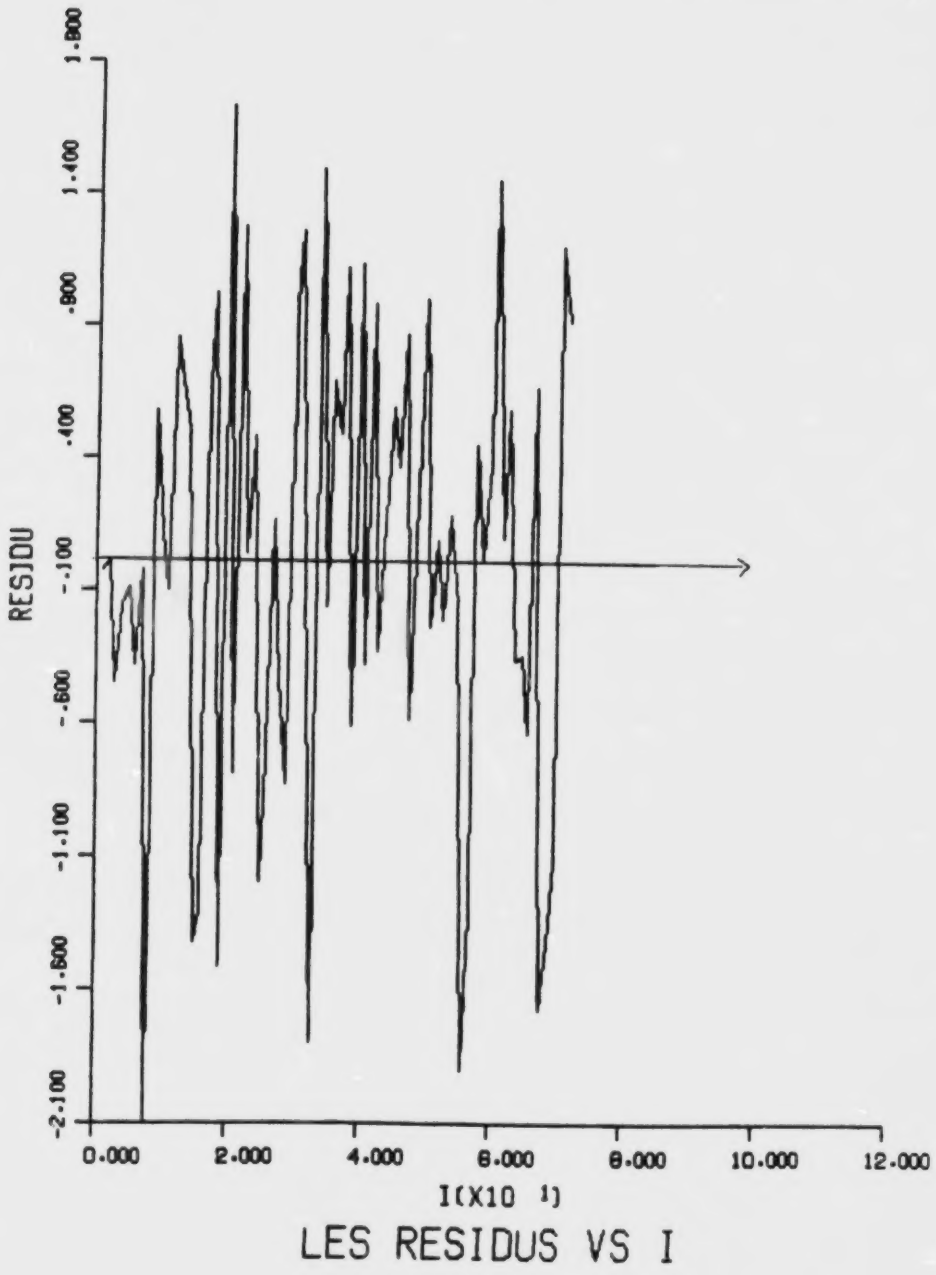
1) Guide sur la consommation de carburant (Transport Canada 1980)
2) Le Guide de l'Auto 1980 de Jacques Duval

Les résultats obtenus sont encourageants:

$$\bar{Y} = .0044554532 * \text{POIDS} + .047809317 * \text{NB DE CYLINDRE} + .9705160 * \text{CYLINDREE} + 3.5299406 \qquad (6)$$

où ces 3 variables expliquent 91.2% de la variation de la consommation d'essence pour un échantillon de 72 voitures de types différents.

FIGURE 8 : RESIDUS (Modèle linéaire) versus OBSERVATION



Ce graphique des résidus versus les observations nous montre que les points semblent être répartis aléatoirement autour de la droite d'ordonnée 0, c'est un bon signe que la moyenne des erreurs est statistiquement nulle. D'autre part il y a seulement 2 résidus qui dépassent 2 écarts-types, il semble donc que les résidus forment un bruit blanc comme on souhaite:

```
NUMBER OF CASES PLOTTED        72.
NUMBER OF 2 S.D. OUTLIERS       2.   OR   2.78 PERCENT OF THE TOTAL
```

Cette affirmation est aussi justifiée par le graphique des résidus versus $\hat{y}_i$:

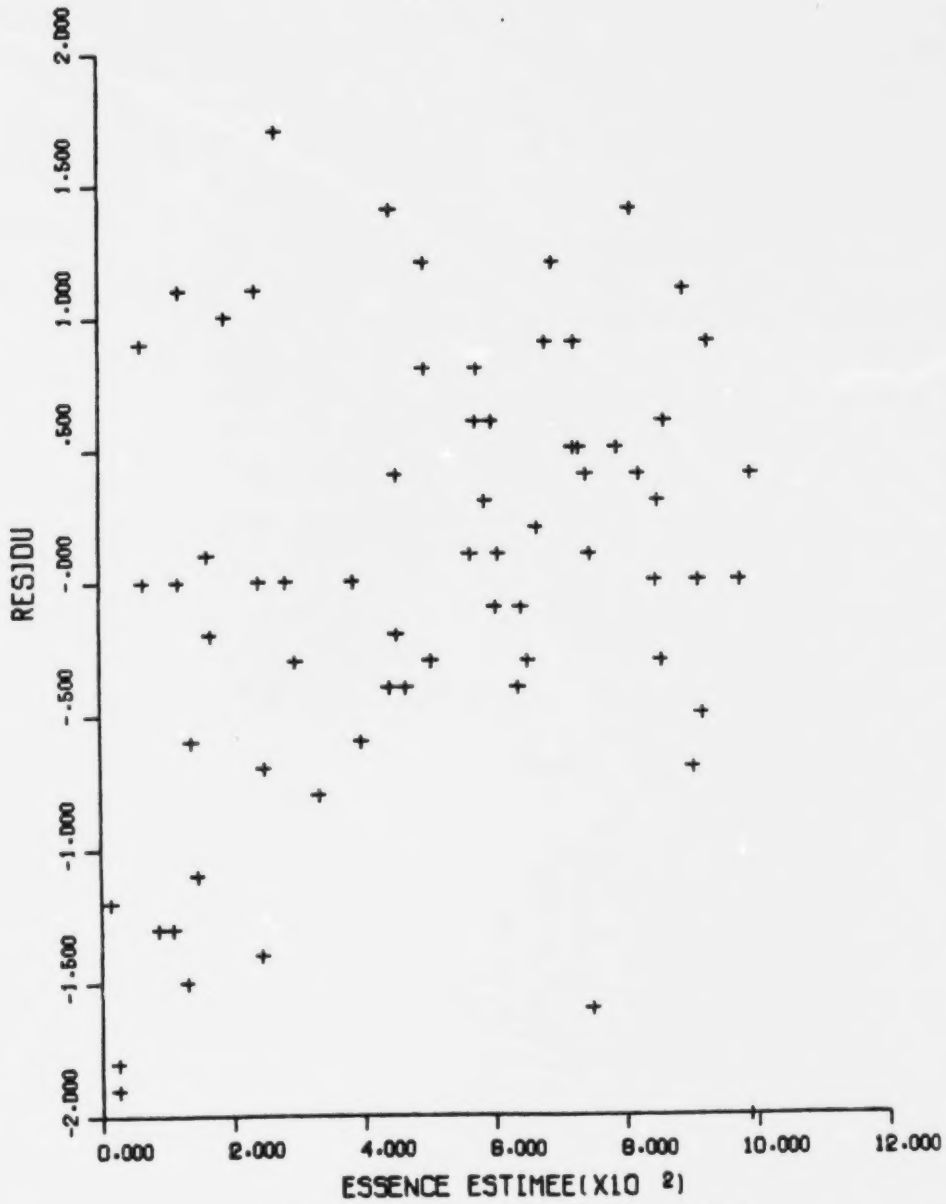


FIGURE 9 : RESIDUS vs ESSENCE ESTIMEE.

On a vu à partir de ces graphiques l'indépendance des erreurs et on s'intéresse seulement aux moyennes donc les tests de normalité ne sont pas nécessaires (Pour la robutesse d'un modèle , on sait que l'absence de normalité a peu d'effets sur l'inférence concernant les moyennes). De plus, la rentrée des données d'une manière aléatoire est une des meilleures façons de produire l'indépendance des erreurs que l'on souhaite ici. On accepte donc le modèle avec les paramètres dans le tableau suivant:

VARIABLES IN THE EQUATION

VARIABLE	B	STD ERROR B	F SIGNIFICANCE	BETA ELASTICITY
X1	.44554532E-02	.94839071E-03	22.070349 .000	.4509754 .45108
X2	.47809317E-01	.18155741	.69342121E-01 .793	.0284405 .02152
X3	.97051610	.28457086	11.631203 .001	.4952171 .24701
(CONSTANT)	3.5299406	.82437689	18.335096 .000	

ALL VARIABLES ARE IN THE EQUATION.

TABLEAU 12 : PARAMETRES DANS UN MODELE DE REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

Ainsi, de

(2) $C = k_1 + k_2(\frac{1}{\bar{v}})$

(6) $C = 3.5299406 + .004455432 * POIDS$

$+ .047809317 * (NB\ DE\ CYL.) + .9705160 * CYLINDREE$

et $k_1 = .00484 * POIDS$ litre/100km (Evans, Herman)

$\bar{v} = 32$ km/h (Transport Canada)

on déduit la valeur de k_2 .

BUICK PARK.AVE	1700	16.62	8.06	233.99	15.37	-1.25
BUICK LESABRE	1660	15.60	7.87	262.26	16.06	.46
BUICK SKYLARK	1160	9.90	5.50	198.53	11.70	1.80
CHEV CHEVETTE	963	9.40	4.56	160.00	9.56	.16
CHEV CITATION	1140	12.30	5.40	198.71	11.61	-.69
CHEV CORVETTE	1500	16.61	7.11	288.56	16.13	-.48
CHEV IMP CAPR.	1566	15.69	7.42	228.95	14.58	-1.11
CHEV MONTECARLO	1430	15.00	6.78	227.13	13.88	-1.12
DODGE ASPEN	1454	13.50	6.89	273.45	15.44	1.94
FIAT SPIDER	1047	11.30	4.96	171.66	10.33	-.97
HONDA PRELUDE	935	9.11	4.43	160.25	9.44	.33
PLYM HORIZON	1023	10.09	4.85	162.56	9.93	-.16
TOY CELICA SUPR	1275	12.60	6.04	191.27	12.02	-.58
TRIUMPH TR7	1095	10.90	5.19	171.22	10.54	-.36
CADIL SEVILLE	1898	17.60	9.00	294.25	18.19	.59
CHRY.NEWYORKER	1727	17.60	8.19	292.70	17.33	-.27
JAGUAR XJ12	1964	18.80	9.31	271.91	17.81	-.99
LINCOHN CONT.	1875	17.65	8.89	288.25	17.90	.25
VOLVO 262C	1409	12.80	6.68	193.16	12.71	-.09
PONT PARISIENNE	1627	15.70	7.71	262.56	15.92	.22
DODGE COLT	815	7.40	3.86	155.14	8.71	1.31
CHEV MONZA	1162	11.77	5.51	186.14	11.32	-.45
MERCURY BOBCAT	1130	11.00	5.36	180.22	10.99	-.01
MERCURY MONARCH	1470	15.70	6.97	267.09	15.31	-.39
VOKS SCIROCCO	910	9.42	4.31	160.48	9.33	-.09

RESULTATS OBTENUS AVEC LE MODELE LINEAIRE

TYPE 80	POIDS	ESSENCE	K1	K2	ESS ESTIMEE	DIF
DATSUN 310G	910	9.11	4.31	154.27	9.13	.02
HONDA CIVIC	743	8.30	3.52	152.69	8.29	-.01
HONDA ACCORD	959	9.10	4.55	160.04	9.55	.45
PLYM VOLARE	1549	15.70	7.34	272.59	15.86	.16
DODGE OMNI	978	9.70	4.64	162.97	9.73	.03
SUBARU	932	10.00	4.42	160.28	9.43	-.57
TOYOTA COROLLA	991	10.00	4.70	165.96	9.88	-.12
TOYOTA TERCEL	880	9.00	4.17	157.65	9.10	.10
VOLK RABBIT GTI	870	10.00	4.12	160.85	9.15	-.85
CHEV CITATION	1140	12.30	5.40	198.71	11.61	-.69
MAZDA 626	1175	11.30	5.57	167.39	10.80	-.50
PONT PHOENIX	1162	9.90	5.51	186.14	11.32	1.42
PEUGEOT 505	1200	9.70	5.69	170.26	11.01	1.31
PEUGEOT 504	1230	11.80	5.83	169.99	11.14	-.66
TOYOTA CORONA	1195	12.20	5.66	176.52	11.18	-1.02
DATSUN 210	995	8.00	4.72	153.50	9.51	1.51
FORD FIESTA	805	8.07	3.82	161.44	8.86	.79
FORD MUSTANG	1135	12.28	5.38	180.17	11.01	-1.27
FORD PINTO	1124	11.00	5.33	180.27	10.96	-.04
FORD GRANADA	1450	15.70	6.87	267.28	15.23	-.47
CHRYS. CORDOBA	1575	13.70	7.47	222.70	14.43	.73
CHRY. LEBARON	1480	15.71	7.02	273.21	15.55	-.16
FORD THUNDERB.	1476	14.80	7.00	263.93	15.24	.44
PLYM CARAVELLE	1700	15.70	8.06	271.21	16.53	.83
BUICK CENTURY	1420	14.80	6.73	227.22	13.83	-.97

RESULTATS OBTENUS AVEC LE MODELE LINEAIRE

RENAULT 12 NOR	996	10.09	4.72	153.49	9.52	-.57
DATSUN 510	1005	10.00	4.76	168.93	10.04	.04
RENAULT 5 TL	815	8.00	3.86	152.03	8.61	.61
PONT GRAND AM	1539	15.70	7.29	263.36	15.52	-.18
PONT ACADIAN	963	9.40	4.56	160.00	9.56	.16
DODGE DIPLOMAT	1595	15.70	7.56	272.17	16.07	.37
PLYM CARAVELLE	1511	13.50	7.16	223.29	14.14	.64
PLYM ARROW	1085	11.70	5.14	193.05	11.18	-.52
OLDS 98	1786	15.70	8.47	285.96	17.40	1.70
DODGE COLT FAM	1223	12.60	5.80	188.69	11.69	-.91
MERCURY CAPRI	1135	12.20	5.38	180.17	11.01	-1.19
MERCURY COUGAR	1476	13.45	7.00	242.19	14.56	1.11
OLDS OMEGA	1162	9.90	5.51	186.14	11.32	1.42

MOY GUIDE: 12.38

MOY ESTIMEE: 12.40

RESULTATS OBTENUS AVEC LE MODELE LINEAIRE
(PARAMETRES ET LA CONSOMMATION D'ESSENCE)

Avec ces k_1, k_2 obtenus, la moyenne de la consommation d'essence estimée sur 63 voitures 1980 avec celle du guide est très approchée: 12.38 vs 12.40.

La ville de Winnipeg nous fournit des rubans de données des compagnies d'assurance autos de cette ville. A partir de ces informations on pourra avoir des types de voitures représentant 90% du flux du réseau avec ses caractéristiques (poids, année, nb de cylindre, nb de sièges, etc.). Comme ce n'est pas le but de mon stage et qu'un travail est en cours au Centre de recherche sur les transports, je ne développerai pas les autres méthodes dans la calibration des paramètres k_1 et k_2.

7. CONCLUSIONS

7.1 Modèle approprié pour l'économie de l'essence

Pour les voitures examinées dans la liste du tableau ci-joint , on trouve que le modèle T-EQUILIBRE donne des résultats très satisfaisants. Le surplus d'essence consommée en comparant à une méthode très coûteuse pour contrôler le réseau entier ne dépasse pas le poucentage de 1%.

A Winnipeg , pour économiser l'énergie dans les déplacements en zone urbaine à l'heure de pointe il est souhaitable que les conducteurs choisissent leur route afin de minimiser leur temps de parcours.

TYPE DE VOITURE	T-EQUIL	%	T-SYST	%	E-EQUIL	%	E-SYST
STANDARD SIZED CAR	36919.	.55%	37852.	3.09%	38736	5.50%	36718
SMALL IMPORT CAR	19434.	.71%	19615.	1.65%	20344	5.43%	19296
INTERMEDIATE SIZE CAR	27422.	.14%	28170.	2.87%	28751	4.99%	27384
LARGE LUXURY CAR	39281.	.14%	40349.	2.86%	41189	5.01%	39225
SUBCOMPACT STATION WAGON	22315.	.08%	22993.	3.12%	23414	5.00%	22298
INTERMEDIATE SIZE CAR	32934.	.39%	33443.	1.95%	34515	5.21%	32805
SUBCOMPACT CAR	17888.	.09%	18442.	3.19%	18749	4.91%	17872
RENAULT 12 PARIS	18530.	.33%	19216.	4.04%	19414	5.11%	18470
PEUGEOT 504 GL(FRANCE)	23267.	.07%	24057.	3.46%	24437	5.10%	23252
7 TON LORRY(LONDRE)	32052.	.82%	34397.	8.20%	32550	2.39%	31790

K1 EN GALLON U.S/MILE

K2 EN GALLON U.S/HRE

1 GALLON U.S=3.78532 LITRES

1 GALLON CAN.=4.54596 LITRES

% =POURCENTAGE DE SURPLUS EN COMPARANT A E-SYST

TABLEAU 14 CONSOMMATION VERSUS MODELE D'EQUILIBRE POUR CERTAINS TYPES DE VOITURES.

7.2 Type de voiture souhaité

En optant pour le modèle T-équilibre pour le réseau de Winnipeg on accepte que le comportement des conducteurs dans le choix de route soit indépendant du type de voiture ($\theta = 0$). Ainsi la consommation totale d'énergie à l'heure de pointe est:

$F = k_1 * (602654) + k_2 * (19285)$

où F en litre

k_1 en litre/km

k_2 en litre/heure

Comme le coefficient de k_1 est plus grand que celui de k_2 le paramètre k_1 est dominant dans le calcul de F.

On sait que ce paramètre est proportionnel au poids du véhicule. Ainsi une diminution du poids des véhicules aide énormément dans l'économie d'essence.

Soit C la consommation moyenne pour un trajet de 100 km, on a:

$$C = \frac{F}{6026.54} \quad \text{(litre/100 km)} .$$

Le tableau et le graphique dans les deux pages suivantes décrivent la variation de C par rapport à la masse de véhicule: pour une petite voiture de masse 1033 kg on peut économiser 50% d'essence en comparant à une voiture large (2483 kg).

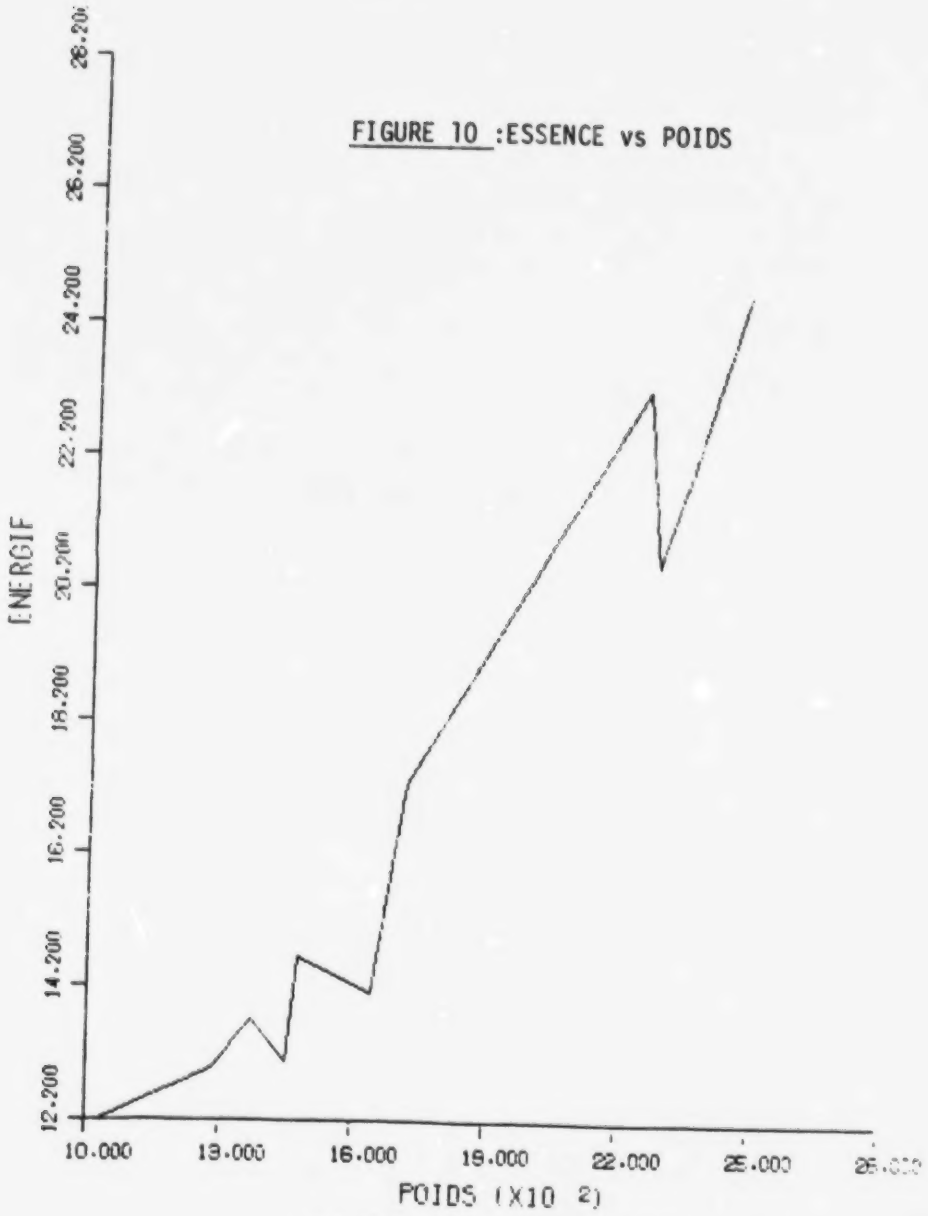
TEMPS TOTAL PARCOURU: 19285. HEURES
DISTANCE TOTALE PARCOURUE: 602654. KMS
VITESSE MOYENNE : 31.25 KM/H
GAP : .52%

TYPE DE VOITURE	ANNEE	POIDS(KG)	K1	K2	CONS. UNITAIRE (L/100KM)
SMALL IMPORTED CAR	1974	1033.0	4.564	2.390	12.20
SUBCOMPACT STATION WAGON	1975	1285.0	7.719	1.800	12.98
BRITISH CAR	1955	1372.0	7.683	1.883	13.71
AUSTRALIAN STATION WAGON	1965	1451.0	6.210	2.142	13.06
BRITISH CAR	1964	1478.0	8.491	1.915	14.62
SUBCOMPACT CAR	1973	1642.0	9.030	1.584	14.10
INTERMEDIATE SIZED CAR	1975	1720.0	8.512	2.722	17.22
STANDARD-SIZED CAR	1974	2259.0	11.159	3.762	23.20
STANDARD SIZED-CAR	1975	2291.0	9.464	3.470	20.57
LARGE LUXURY SIZED CAR	1974	2483.0	12.180	3.902	24.67

K1 EN LITRES/100KM
K2 EN LITRES/HR

TABLEAU 15 : CONSOMMATION UNITAIRE vs POIDS dans le modèle T-EQUILIBRE.

FIGURE 10 :ESSENCE vs POIDS



7.3 Avantages du programme:

Il est certain que l'évaluation des consommations d'essence dans divers modes de choix de route est utile aux pouvoirs publics. Une meilleure connaissance des consommations unitaires, totales dans divers cas peut aider les autorités à orienter leurs décisions sur les normes des véhicules, à réfléchir sur la politique énergétique dans le secteur de transport compte tenu des perspectives du marché du pétrole.

Si on a obtenu des données avec beaucoup de soin, le programme peut nous indiquer clairement:

- le nombre total d'heures de déplacement T
- le nombre total de kilomètres parcourus D
- la vitesse moyenne selon un modèle donné
- la consommation d'essence totale en litres F

(ainsi on peut savoir la consommation unitaire en l/100 km)

- les flots et valeurs de t_a à l'optimum selon d'un modèle. Ces chiffres sont importants, au besoin on pourra calculer la vitesse moyenne de déplacement sur un tronçon $\frac{d_a}{t_a}$, ceci indique la congestion sur ce lien et on peut utiliser le programme pour voir les implications en augmentant par exemple la capacité sur ce lien , ...etc...

8. APPENDICES

APPENDICE 1 : CARTES DE CONTROLE.

```
10=EEQUIL,CM132000,T2300.
20=*CODE
30=LIB,L,TAPE89,N=ESS10C.
40=REWIND TAPE89.
50=FTN,D.
60=LGO.
70=MONTE GROUPE1.
80=ATTACH,ENERGY,SN=GROUPE1,ID=U003057.
90=LIB,C,TAPE9,N=TS01,F=ENERGY.
100=RETURN ENERGY.
110=*WEOR
120=*INCL N=ES22VEN
130=*WEOR
140=TIT1 CONSOMMATION  D'ESSENCE EN ZONE URBAINE
150=TIT2 TYPE DE VOITURE: STANDARD-SIZED CAR 1974
160= UNE APPLICATION D'ALGORITHME1 DE NGUYEN S.
170=PARM       .0001 2000   50          0          1
180=SIZE  1052 2836  147
190=*INCL N=WINIPEG
200=*WEOR
210=*INCL N=MATOD
220=*WEOR
```

Notes:

1) Le fichier ESS10C contient des renseignements pour le calcul de la surconsommation d'essence à cause de la température.
2) On catalogue des flots à l'arrêt du programme avec un carte LIB dans un fichier permanent.
3) ENERGIE est le nom du programme de base
4) Certains paramètres: TIMEMAX 2000 sec
   MAXCYC 50 itérations
5) WINIPEG : fichier de description du réseau de WINNIPEG
6) MATOD : fichier de matrice Origine / Destination

APPENDICE 2 : RAPPORT DE SORTIE

I09 INITIAL SOLUTION-VALUE OF OBJ. FUNCTION .2579344751E+07

NUMCYC	RUN TIME	OBF	RATE OF CHANGE	LOWER BOUND	GAP
1	163.71	.2155680471E+07	-.3630142339E+07	-.1474461869E+07	168.40 %
2	237.99	.2049761387E+07	-.1037260639E+07	.1012500748E+07	50.60 %
3	307.64	.2000142817E+07	-.4190380084E+06	.1581104808E+07	20.95 %
4	376.71	.1989395218E+07	-.1963534533E+06	.1793041764E+07	9.87 %
5	445.13	.1974070577E+07	-.1243112680E+06	.1849759309E+07	6.30 %
6	514.74	.1967237030E+07	-.1255085555E+06	.1849759309E+07	5.97 %
7	584.20	.1961734478E+07	-.6638684118E+05	.1895347637E+07	3.38 %
8	653.42	.1959042510E+07	-.7806413906E+05	.1895347637E+07	3.25 %
9	722.94	.1955669640E+07	-.5585061694E+05	.1899819023E+07	2.86 %
10	792.05	.1953742639E+07	-.6472174554E+05	.1899819023E+07	2.76 %
11	860.82	.1951003442E+07	-.4571934314E+05	.1905284099E+07	2.34 %
12	929.90	.1949474909E+07	-.5367022338E+05	.1905284099E+07	2.27 %
13	999.70	.1947609025E+07	-.3791990509E+05	.1909689120E+07	1.95 %
14	1068.82	.1946523510E+07	-.4588010767E+05	.1909689120E+07	1.89 %
15	1138.59	.1943840136E+07	-.2906598096E+05	.1914774156E+07	1.50 %
16	1207.21	.1942423274E+07	-.5790187551E+05	.1914774156E+07	1.42 %
17	1276.87	.1941006640E+07	-.2611235653E+05	.1914894284E+07	1.35 %
18	1346.48	.1940056470E+07	-.2854165771E+05	.1914894284E+07	1.30 %
19	1416.18	.1939090633E+07	-.2513709572E+05	.1914894284E+07	1.25 %
20	1485.50	.1938482514E+07	-.3111544770E+05	.1914894284E+07	1.22 %
21	1554.74	.1937730781E+07	-.1950385116E+05	.1918226930E+07	1.01 %
22	1624.06	.1937193513E+07	-.2700356586E+05	.1918226930E+07	.98 %
23	1693.52	.1936478345E+07	-.1891457273E+05	.1918226930E+07	.94 %
24	1763.30	.1936065849E+07	-.2412830415E+05	.1918226930E+07	.92 %
25	1833.11	.1935386151E+07	-.1576800414E+05	.1919618147E+07	.81 %
26	1901.64	.1934899828E+07	-.2109395528E+05	.1919618147E+07	.79 %
27	1971.02	.1934310808E+07	-.1698792599E+05	.1919618147E+07	.76 %
28	2040.47	.1933948312E+07	-.1716730156E+05	.1919618147E+07	.74 %

I01 RUN TERMINATED.....TIME LIMIT : .2000000E+04

CONSOMMATION D'ESSENCE EN ZONE URBAINE

TYPE DE VOITURE: STANDARD-SIZED CAR 1974

EPSILON = .1000000E-03
TIMEMAX = .2000000E+04
MAXCYC = 50

CPU SECS FOR - NETWORK DATA INPUT = 20.10
- SET UP INITIAL SOLUTION = 69.95
- RE-ESTABLISH PARTIAL SOLUTION = 0.00
- GOLDEN SECTION METHOD (TOTAL) = 451.25
- FINDING SHORTEST PATH (TOTAL) = 1457.01

VEHICULE EXAMINE: STANDARD-SIZED CAR 74

PARAMETRES: K1=0.0474 GAL. U.S./KM

K2=0.9940 GAL. U.S./HR

NB. D' ITERATIONS: 29

"GAP" .74

TOTAL VEHICLE HOURS = 22165.95
TOTAL VEHICLE KMS = 570583.41
AVERAGE SPEED = 25.74 KM/H

K1= .1114893 LITRES/KM

K2= 3.7626081 LITRES/HEURE

ESSENCE CONSOMMEE EN LITRES 185778.

ESSENCE D'EXCES FROID EN LITRES 31678.

PRINCIPE DESCRITIF DE WARDROP:
ENERGIE-EQUILIBRE
TEMPERATURE: 10 DEGRES CELCIUS

CONSOMMATION D'ESSENCE EN ZONE URBAINE
TYPE DE VOITURE: STANDARD-SIZED CAR 1974

LINK IDEN	NODE FROM	NODE TO	LENGTH MILES	NUMB LANES	DELAY FUNCT	OBSERVED TRAVEL SPEED (MPH)	OBSERVED TRAVEL TIME (MINS)	OBSERVED VOLUME	LINK TYPE	PREDICTED TRAVEL TIME (MINS)	PREDICTED VOLUME
1	1	854	.13	1.0	11	0.0	.78	NA	8	1.15	0
2	1	870	.23	1.0	11	0.0	1.38	NA	8	2.04	0
3	2	893	.07	1.0	11	0.0	.42	NA	8	.62	0
4	2	934	.22	1.0	11	0.0	1.32	NA	8	1.95	0
5	2	938	.07	1.0	11	0.0	.42	NA	8	.62	14
6	3	909	.10	1.0	11	0.0	.60	NA	8	.89	1209
7	3	911	.34	1.0	11	0.0	2.04	NA	8	3.01	0
8	3	923	.22	1.0	11	0.0	1.32	NA	8	1.95	450
9	3	929	.25	1.0	11	0.0	1.50	NA	8	2.22	7
10	4	902	.28	1.0	11	0.0	1.68	NA	8	2.48	0
11	4	917	.09	1.0	11	0.0	.54	NA	8	.80	419
12	4	919	.15	1.0	11	0.0	.90	NA	8	1.33	0
13	4	920	.10	1.0	11	0.0	.60	NA	8	.89	190
14	4	932	.18	1.0	11	0.0	1.08	NA	8	1.60	0
15	5	1009	.10	1.0	11	0.0	.60	NA	8	.89	561
16	5	1010	.38	1.0	11	0.0	2.28	NA	8	3.37	0
17	5	1029	.14	1.0	11	0.0	.84	NA	8	1.24	108
18	6	992	.07	1.0	11	0.0	.42	NA	8	.62	1
19	6	1008	.27	1.0	11	0.0	1.62	NA	8	2.39	0
20	6	1018	.11	1.0	11	0.0	.66	NA	8	.97	148
21	7	970	.16	1.0	11	0.0	.96	NA	8	1.42	183
22	7	971	.13	1.0	11	0.0	.78	NA	8	1.15	193
23	7	972	.12	1.0	11	0.0	.72	NA	8	1.06	61
24	7	973	.15	1.0	11	0.0	.90	NA	8	1.33	166
25	7	974	.18	1.0	11	0.0	1.08	NA	8	1.60	116
26	8	996	.09	1.0	11	0.0	.54	NA	8	.80	171
27	8	1012	.13	1.0	11	0.0	.78	NA	8	1.15	192
28	9	840	.06	1.0	11	0.0	.36	NA	8	.53	122
29	10	535	.26	1.0	12	0.0	1.04	NA	8	1.78	93
30	10	839	.38	1.0	12	0.0	1.52	NA	8	2.61	36
31	11	166	.39	1.0	12	0.0	1.56	NA	8	2.68	560
32	11	200	.39	1.0	12	0.0	1.56	NA	8	2.68	468
33	12	167	.47	1.0	12	0.0	1.88	NA	8	3.22	367
34	12	199	.30	1.0	12	0.0	1.20	NA	8	2.06	119
35	13	170	.21	1.0	12	0.0	.84	NA	8	1.44	393
36	14	169	.57	1.0	12	0.0	2.28	NA	8	3.91	65
37	14	191	.57	1.0	12	0.0	2.28	NA	8	3.91	105
38	14	197	.28	1.0	12	0.0	1.12	NA	8	1.92	575
39	15	171	.17	1.0	12	0.0	.68	NA	8	1.17	332
40	15	189	.06	1.0	12	0.0	.24	NA	8	.41	61
41	16	195	.47	1.0	12	0.0	1.88	NA	8	3.22	799
42	16	224	.33	1.0	12	0.0	1.32	NA	8	2.26	414
43	17	173	.61	1.0	12	0.0	2.44	NA	8	4.19	865
44	17	187	.61	1.0	12	0.0	2.44	NA	8	4.19	363
45	18	174	.42	1.0	12	0.0	1.68	NA	8	2.88	1467

CONSOMMATION D'ESSENCE EN ZONE URBAINE
TYPE DE VOITURE: STANDARD-SIZED CAR 1974

LINK IDEN	NODE FROM	NODE TO	LENGTH MILES	NUMB LANES	DELAY FUNCT	OBSERVED TRAVEL SPEED (MPH)	OBSERVED TRAVEL TIME (MINS)	OBSERVED VOLUME	LINK TYPE	PREDICTED TRAVEL TIME (MINS)	PREDICTED VOLUME
46	18	186	.61	1.0	12	0.0	2.44	NA	8	4.19	298
47	19	190	.47	1.0	12	0.0	1.88	NA	8	3.22	383
48	19	220	.32	1.0	12	0.0	1.28	NA	8	2.20	166
49	20	177	.54	1.0	12	0.0	2.16	NA	8	3.71	153
50	20	183	.63	1.0	12	0.0	2.52	NA	8	4.32	35
51	21	182	.19	1.0	12	0.0	.76	NA	8	1.30	313
52	21	213	.94	1.0	12	0.0	3.76	NA	8	6.45	118
53	22	262	.17	1.0	12	0.0	.68	NA	8	1.17	127
54	23	278	.14	1.0	12	0.0	.56	NA	8	.96	144
55	24	266	.28	1.0	12	0.0	1.12	NA	8	1.92	249
56	24	277	.28	1.0	12	0.0	1.12	NA	8	1.92	127
57	25	212	.20	1.0	12	0.0	.80	NA	8	1.37	789
58	25	354	.66	1.0	12	0.0	2.64	NA	8	4.53	179
59	26	260	.13	1.0	12	0.0	.52	NA	8	.89	79
60	27	285	.28	1.0	12	0.0	1.12	NA	8	1.92	68
61	28	225	.37	1.0	12	0.0	1.48	NA	8	2.54	107
62	28	238	.47	1.0	12	0.0	1.88	NA	8	3.22	7
63	29	230	.13	1.0	12	0.0	.52	NA	8	.89	22
64	30	240	.26	1.0	12	0.0	1.04	NA	8	1.78	0
65	30	245	.98	1.0	12	0.0	3.92	NA	8	6.72	39
66	31	237	.95	1.0	12	0.0	3.80	NA	8	6.52	204
67	31	239	.41	1.0	12	0.0	1.64	NA	8	2.81	1403
68	32	243	.13	1.0	12	0.0	.52	NA	8	.89	76
69	33	273	.28	1.0	12	0.0	1.12	NA	8	1.92	320
70	33	274	.28	1.0	12	0.0	1.12	NA	8	1.92	167
71	33	294	.24	1.0	12	0.0	.96	NA	8	1.65	0
72	33	295	.30	1.0	12	0.0	1.20	NA	8	2.06	69
73	34	272	.21	1.0	12	0.0	.84	NA	8	1.44	329
74	35	293	.14	1.0	12	0.0	.56	NA	8	.96	159
75	36	300	.15	1.0	12	0.0	.60	NA	8	1.03	562
76	37	305	.21	1.0	12	0.0	.84	NA	8	1.44	80
77	38	289	.64	1.0	12	0.0	2.56	NA	8	4.39	1037
78	38	336	.74	1.0	12	0.0	2.96	NA	8	5.08	370
79	38	340	.64	1.0	12	0.0	2.56	NA	8	4.39	456
80	38	341	.74	1.0	12	0.0	2.96	NA	8	5.08	89

PAR BESOIN ON PEUT IMPRIMER JUSQU'AU NLINK

APPENDICE 3 : PROGRAMME SOURCE.

```
      PROGRAM ENERGIE (INPUT,OUTPUT,TAPE6=INPUT,TAPE1,TAPE8,TAPE7,TAPE5
     +,TAPE9,TAPE89)                                                    20
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC 30
C                                                                       40
C     CE PROGRAMME CALCULE LA QUANTITE D'ESSENCE CONSOMMEE              50
C     A L'HEURE DE POINT A WINIPEG SELON LES 4 PRINCIPES DE             60
C     CHOIX DE ROUTES DIFFERENTS.                                       70
C                                                                       80
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC 90
C                                                                      100
C                                                                      110
C      POUR CHAQUE TYPE DE VOITURE,LA QUANTITE D'ESSENCE CONSOMMEE EN  120
C      ZONE URBAINE POUR UN PARCOURS DE DISTANCE D DE DUREE T EST      130
C      CALCULEE SELON UN MODELE LINEAIRE DECRIT DANS UNE RECHERCHE DE  140
C      LA COMPAGNIE "GENERAL MOTORS" AUX ETATS-UNIS :                  150
C                                                                      160
C      ESSENCE CONSOMMEE(ESTIMEE) = K1*D + K2*T                        170
C                                                                      180
C      K1 ET K2 SONT DEUX PARAMETRES DEPENDANT DE CE TYPE DE VOITURE.  190
C      DES RECHERCHES EN FRANCE ET AUX ETATS-UNIS MONTRENT QUE LE      200
C      PARAMETRE K1 SEMBLE ETRE PROPORTIONNEL AU POIDS DU VEHICULE, LE 210
C      PARAMETRE K2 SEMBLE ETRE PROPORTIONNEL A LA CONSOMMATION AU RALENTI. 220
C                                                                      230
C      EN HIVER ON DEVRAIT AJOUTER UNE QUANTITE D'EXCES D'ESSENCE A CAUSE 240
C      DU FROID.DANS CE RAPPORT DE STAGE , UNE PARTIE EST RESERVEE POUR 250
C      EXAMINER L'EFFET DE LA TEMPERATURE SUR LA CONSOMMATION D'ESSENCE. 260
C      ON SUPPOSE QUE LES CONDUCTEURS,PAR UNE QUESTION D'HABITUDE ,PRENNENT 270
C      LES MEMES CHEMINS QUE L'ETE ET ACCEPTER DE PAYER CE SURPLUS.    280
C      CETTE SURCONSOMMATION EST UNE FONCTION CROISSANTE AVEC LA DISTANCE 290
C      PARCOURUE , ET AUSSI AVEC LA BAISSE DE LA TEMPERATURE.          300
C      LE FICHIER " ESS10C " (TAPE 89) CONTIENT DES CHIFFRES POUR CE CALCUL 310
C      EN LINEARISANT LA COURBE DE REPRESENTATIVE DE CETTE SURCONSOMMATION 320
C      PAR UNE FONCTION LINEAIRE PAR MORCEAU.DES VARIABLES C,CNN,CBARRE NOUS 330
C      AIDENT A COMPTABILISER CETTE QUANTITE D'EXCES D'ESSENCE.        340
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC 350
C                                                                      360
C                                                                      370
C      LA FONCTION OBJECTIVE A MINIMISER EST SUMTRAV(IC1,IC2,LAMDA)    380
C      LA FONCTION DE COUT D'USAGE DE L'ARC I EST USERCST(I,IC1,IC2)   390
C                                                                      400
C                                                                      410
C      PRINCIPE D'OPTIMISATION EGOISTE DE WARDROP :                    420
C                                                                      430
C         POUR *T-EQUILIBRE* ON A IC1=1,IC2=0 ( MINIMISER LE TEMPS)    440
C         POUR *E-EQUILIBRE* ON A IC1=1,IC2=1 ( MINIMISER L'ENERGIE)   450
C                                                                      460
C                                                                      470
C      PRINCIPE D'OPTIMISATION COLLECTIVE DE WARDROP :                 480
C                                                                      490
C                                                                      500
C         POUR *T-SYSTEME  * ON A IC1=0,IC2=0 (MIN. TEMPS DU SYSTEME)  510
C         POUR *E-SYSTEME  * ON A IC1=0,IC2=1 (MIN. L'ENERGIE DU SYST.) 520
C                                                                      530
C      LE TEMPS DE PARCOURS SUR L'ARC I EST USERCST(I,1,0)             540
C                                                                      550
                                                                       560
                                                                       570
                                                                       580
```

```
C       LA CONVERGENCE DE L'ALGORITHME FRANK-WOLFE EST ASSEZ LENTE
C       PRES DE LA SOLUTION OPTIMALE , C'EST UTILE DE CALCULER LE
C       " GAP " POUR SAVOIR COMBIEN ON EST PROCHE DE CETTE SOLUTION
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C
C       LE RESEAU DE LA VILLE DE WINNIPEG COMPORTE:
C        -  147 CENTROIDES (VARIABLE : NCENT)
C        - 1052 NOEUDS     (  - -    : NNODE)
C        - 2836 LIENS(ARCS)(  - -    : NLINK)
C       LES DONNEES SUR CE RESEAU SONT DANS LE FICHIER
C       WINIPEG.
C
C       LA MATRICE ORIGINE-DESTINATION OBTENUE PAR UNE
C       ENQUETE  A CETTE VILLE EN 1976(FICHIER MATOD)
C
C       TYPE DE VOITURE EXAMINEE DANS CE PROGRAMME:
C
C       VOITURE STANDARD 1974
C       PARAMETRES K1=0.0474 GAL. U.S. / MILE
C                  K2=0.9940 GAL. U.S. / HEURE
C       A CAUSE DES UNITES DE DONNEES DANS LE FICHIER
C       WINIPEG ET DES FORMULES DANS CE PROGRAMME ,AU
C       LIEU D'UTILISER TETA=K1/K2 ON VA UTILISER
C       TETA=0.60*K1 / K2.
C
C
C       A LA FIN UNE CONVERSION SERA FAITE POUR IMPRIMER
C       LES RESULTATS EN SYSTEME METRIQUE.
C
C       POUR PLUS DE RENSEIGNEMENTS SUR L'ENTREE DES DONNEES
C       CONSULTER LA PUBLICATION NO 17 DU CENTRE DE RECHERCHE
C       DE TRANSPORT DE L' UNIVERSITE DE MONTREAL
C       ("TRAFFIC" :AN EQUILIBRIUM TRAFFIC ASSIGNMENT PROGRAM
C       DE NGUVEN,S. ET JAMES,L.(1975))
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C
C
      COMMON /NET1/ NNODE,NLINK,NCENT,NACTIV,KD(150),NOLAB(1300),
     +              NO(2840),ND(2840),NULACO(2840),LDIST(2840)
      COMMON /NET2/ VCUM(2840),TRAV(2840), FLOW(2840),ODIJ(150)
      COMMON        WKMEM(4300),C,CBARRE,LD(1300),F(1245)
      COMMON /PARAM/ EPSI , TIMEMAX, MAXCYC, MAXIT, IPCH, IPRT,IPOST
      COMMON /STAT/ RUNSEC(10), ITERAT(10)
      COMMON /COEF/ ALPHA(20),BETA(20),GAMMA(20),DELTA(20)
      COMMON /EDIT/ LINE(11),L(26),K(26),TITLE(10)
      COMMON /UNIT/ CARD,ODFIL,NETFIL,SOLFIL
      COMMON/TETAF/PI
      INTEGER CARD,ODFIL,NETFIL,SOLFIL
      REAL LAMBDA,ISLSEC
      EQUIVALENCE (NORIG,LINE(1)),(NDEST,LINE(2)),(IDIST,LINE(3)),
     +            (NULA,LINE(4)),(DEFUNC,LINE(5)),(ISPEED,LINE(6)),
     +            (ITOBS,LINE(7)),(IVOBS,LINE(8)),(LTYPE,LINE(9))
      EQUIVALENCE (RDSEC,RUNSEC(1)),(ISLSEC,RUNSEC(2)),
```

```
115           +            (PRTSEC,RUNSEC(3)),(GSMSEC,RUNSEC(4)),                    1160
              +            (PTHSEC,RUNSEC(5))                                        1170
      C                                                                             1180
            DATA CARD,ODFIL,NETFIL,SOLFIL/6,1,8,7/                                  1190
            DATA MXRUNS/5/                                                          1200
120         DATA PI/0.02861167/                                                     1210
      C                                                                             1220
      C                                                                             1230
      C                                                                             1240
       1002 FORMAT(*0101 RUN TERMINATED.....TIME LIMIT :*,E15.7,//)                 1250
125    1003 FORMAT(*0102 RUN TERMINATED ... CYCLE LIMIT :*,I8,/)                    1260
       1013 FORMAT (*0 EPSILON =*,E15.7/*  TIMEMAX =*,E15.7/                        1270
           +        *  MAXCYC  =*,I8)                                              1280
       1014 FORMAT (1HG,*           TOTAL VEHICLE HOURS =*,F12.2/                   1290
           +        1HG,*           TOTAL VEHICLE KMS   =*,F12.2/                   1300
130        +        1HG,*           AVERAGE SPEED       =*,F12.2,* KM/H *,//)       1310
       1019 FORMAT (*0 CPU SECS FOR - NETWORK DATA INPUT*,T48,*=*,F10.2/            1320
           +        T16,*- SET UP INITIAL SOLUTION*,T48,*=*,F10.2/                  1330
           +        T16,*- RE-ESTABLISH PARTIAL SOLUTION*,T48,*=*,F10.2/            1340
           +        T16,*- GOLDEN SECTION METHOD (TOTAL)*,T48,*=*,F10.2/            1350
135        +        T16,*- FINDING SHORTEST PATH (TOTAL)*,T48,*=*,F10.2//)          1360
       2000 FORMAT (1H1,100X,*PAGE :*,I4//30X,4A10/18X,6A10//                       1370
           +        4X,*LINK    NODE     NODE    LENGTH    NUMB   DELAY*,          1380
           +        4X,*OBSERVED    OBSERVED    OBSERVED    LINK*,                1390
           +        2X,*PREDICTED  PREDICTED*/                                      1400
140        +        4X,*IDEN    FROM     TO*,14X,*LANES   FUNCT     TRAVEL*,     1410
           +        6X,*TRAVEL      VOLUME      TYPE   TRAVEL     VOLUME*/         1420
           +        55X,*SPEED*,8X,*TIME*,26X,*TIME*/                               1430
           +        29X,*MILES*,21X,*(MPH)*,7X,*(MINS)*,24X,*(MINS)*//)             1440
       2003 FORMAT (1H1,///,5X,4A10///2X,6A10//)                                    1450
145    2005 FORMAT (4X,3(I4,4X),F6.2,4X,F3.1,5X,I2,8X,F4.1,6X,F6.2,4X,I8,           1460
           +        7X,I2,3X,F6.2,7X,I5)                                            1470
       2004 FORMAT(5X,3(I4,1X),I3,I2,1X,I4,1X,2(I5,1X),3(I3,1X))                    1480
       2006 FORMAT (4X,3(I4,4X),F6.2,4X,F3.1,5X,I2,8X,F4.1,6X,F6.2,4X,A8,           1490
           +        7X,I2,3X,F6.2,7X,I5)                                            1500
150    2011 FORMAT(4F20.14)                                                         1510
       2012 FORMAT (10F8.2)                                                         1520
       2013 FORMAT (20I4)                                                           1530
       3000 FORMAT(5X,I4,3X,F7.2,3(5X,E16.10),5X,F7.2,2H %)                         1540
       3003 FORMAT(*1109 INITIAL SOLUTION-VALUE OF OBJ. FUNCTION*,E20.10)           1550
155    3004 FORMAT(2X,*110 DEL(F) < EPSILON *,E20.10)                               1560
       4001 FORMAT(10A8)                                                            1570
      C                                                                             1580
      C  INITIALISATION                                                             1590
      C                                                                             1600
160   C  INITIALISATION                                                             1610
      C                                                                             1620
            CALL SECOND (TBEGIN)                                                    1630
            DO 50 I=1,10                                                            1640
            RUNSEC(I)=0.                                                            1650
165      50 ITERAT(I)=0                                                             1660
      C--------READ NETWORK DATA                                                    1670
            CALL NETWORK                                                            1680
            XX=-1000000000000.                                                      1690
            GAP=XX                                                                  1700
170         PK2=0.994                                                               1710
            PK1=PI*PK2/0.6                                                          1720
```

```
                CALL SECOND(TTOUT)                                                  1730
                RDSEC=TTOUT-TBEGIN                                                  1740
                REWIND 89                                                           1750
175             READ(89,701)(F(JKJ),JKJ=2,1243)                                     1760
                F(1)=0.0                                                            1770
              701 FORMAT(10F8.6)                                                    1780
                TTIN =TTOUT                                                         1790
              C--------CHECK FOR POST OPTIMIZATION                                  1800
180             IF(IPOST.LT.1)GOTO 60                                               1810
                    CALL PARTSOL                                                    1820
                    CALL SECOND(TTOUT)                                              1830
                    PRTSEC = TTOUT - TTIN                                           1840
                    GO TO 70                                                        1850
185           C                                                                     1860
              C--------SET UP INITIAL (ALL OR NOTHING) SOLUTION                     1870
              C                                                                     1880
               60 REWIND ODFIL                                                      1890
                  REWIND SOLFIL                                                     1900
190               REWIND 5                                                        1910
                  DO 40 I=1,NLINK                                                 1920
                  VCUM(I)=0.0                                                     1930
                      FLOW(I)=0.0                                                 1940
               40 TRAV(I)=USERCST(I,1,1)                                          1950
195               CBARRE=0.0                                                      1960
                  DO 42 N=1,NCENT                                                 1970
                      NN=KD(N)                                                    1980
                      IF(NN.LE.0)GOTO 41                                          1990
              C--------READ DEMAND FOR THIS ORIGIN                                 2000
200               READ (ODFIL) ODIJ                                               2010
              C--------ACCUMULATE ALL OR NOTHING SOLUTION (FLOW) FOR THIS ORIGIN   2020
                      CALL LOADTR(NN,CNN)                                         2030
                  GOTO 42                                                         2040
               41 CONTINUE                                                        2050
205               DO 501 I=1,150                                                  2060
              501 ODIJ(I)=0                                                       2070
                  NN=-NN                                                          2080
                  CALL LOADTR(NN,CNN)                                             2090
               42 CBARRE=CBARRE+CNN                                               2100
210           *                                                                   2110
                  DO 43 I=1,NLINK                                                 2120
                  VCUM(I)=FLOW(I)                                                 2130
              434 TRAV(I)=USERCST(I,1,1)                                          2140
               43 CONTINUE                                                        2150
215               CALL SECOND(TTOUT)                                              2160
                  ISLSEC=TTOUT-TTIN                                               2170
              C                                                                   2180
               70 CONTINUE                                                        2190
                  TTIN=TTOUT                                                      2200
220               KOPT=0                                                          2210
                  NUMCYC=1                                                        2220
              C                                                                   2230
              C--------CALCULATE OBJECTIVE FUNCTION FOR CURRENT SOLUTION          2240
              C                                                                   2250
225               OBF=SUMTRAV (1,1,0.00)                                          2260
              C               = TOTAL COST, GIVEN USERCST VALUES CALCULATED FOR ZERO 2270
              C                 VOLUMES                                           2280
              C--------SUMTRAV(C1,C2,0.0) = VARIABLE TERM OF OBJECTIVE FUNCTION    2290
```

```
C                     * TOTAL COST, GIVEN USERCST VALUES CALCULATED                  2300
C                       USING INITIAL SOLUTION VOLUMES.                             2310
C                                          (LAMBDA = 0.0)                           2320
      PRINT 3003,OBF                                                                2330
      PRINT 3005                                                                    2340
 3005 FORMAT(//,6X,*NUMCYC*,2X,*RUN TIME*,9X,*OBF*,                                 2350
     +13X,*RATE OF CHANGE*,7X,*LOWER BOUND*,11X,*GAP*,//)                           2360
C                                                                                   2370
  200 CONTINUE                                                                      2380
      REWIND ODFIL                                                                  2390
      DO 190 I=1,NLINK                                                              2400
  190     FLOW(I)=0.00                                                              2410
C                                                                                   2420
C--------ACCUMULATE TRIAL FLOWS FOR NEW SOLUTION USING CURRENT                      2430
C         SOLUTION VOLUMES TO CALCULATE COST                                        2440
C                                                                                   2450
      C=0.0                                                                         2460
      DO 201 N=1,NCENT                                                              2470
      CNN=0.0                                                                       2480
      NN=KD(N)                                                                      2490
      IF(NN.LE.0)GOTO 201                                                           2500
C--------READ DEMAND FOR THIS ORIGIN                                                2510
      READ(ODFIL) ODIJ                                                              2520
C--------INCREMENT LINK FLOWS WITH THOSE FROM THIS ORIGIN                           2530
      CALL LOADTR(NN,CNN)                                                           2540
  201 C=C+CNN                                                                       2550
C                                                                                   2560
C--------CALCULATE INSTANTANEOUS RATE OF CHANGE OF OBJECTIVE FUNCTION               2570
C         ALONG THE DESCENT DIRECTION                                               2580
C                                                                                   2590
      SUM=0.00                                                                      2600
      DO 202 I=1,NLINK                                                              2610
         FLOW(I)=FLOW(I)- VCUM(I)                                                   2620
  202    SUM=SUM+ TRAV(I)*FLOW(I)                                                   2630
C                                                                                   2640
C--------FLOW(I) IS NOW DESCENT DIRECTION FOR LINK I                                2650
C--------FIND LAMBDA TO MINIMIZE OBJECTIVE FUNCTION ALONG THE CURRENT               2660
C         DESCENT DIRECTION.                                                        2670
C         VAL  = VALUE OF THE OBJECTIVE FUNCTION FOR THE                            2680
C                        OPTIMUM LAMBDA.                                            2690
      ACCUR=0.0001                                                                  2700
      CALL SECOND(TTIN)                                                             2710
      CALL GSM(LAMBDA,1.00,ACCUR,VAL)                                               2720
      CALL SECOND(TTOUT)                                                            2730
      GSMSEC = GSMSEC +TTOUT-TTIN                                                   2740
C                                                                                   2750
C  REVISE THE CURRENT LINK FLOW                                                     2760
      DO 203 I= 1,NLINK                                                             2770
      VCUM(I)=VCUM(I) + LAMBDA*FLOW(I)                                              2780
      TRAV(I)=USERCST(I,1,1)                                                        2790
  203 CONTINUE                                                                      2800
C                                                                                   2810
      CBARRE=CBARRE+LAMBDA*(C-CBARRE)                                               2820
      OBF=VAL                                                                       2830
      IF(GAP.LT.OBF+SUM) GAP=OBF+SUM                                                2840
C                                                                                   2850
      CALL SECOND(TTOUT)                                                            2860
```

```
            TTOUT=TTOUT-TBEGIN                                                  2870
            PCTGAP=ABS(OBF-GAP)/OBF*100.0                                       2880
            PRINT 3000,NUMCYC,TTOUT,OBF,SUM,GAP,PCTGAP                          2890
      C                                                                         2900
290   C  STOPPING CRITERION  CHECKING                                           2910
            IF((ABS(SUM)/OBF).GT.EPSI)GOTO 210                                  2920
            IF(NUMCYC.LT.5)GOTO 210                                             2930
            PRINT 3004,EPSI                                                     2940
            GOTO 300                                                            2950
295   C                                                                         2960
      C CHECK THE NUMBER OF ALLOWABLE CYCLES                                    2970
        210 IF(NUMCYC.LT.MAXCYC)GOTO 219                                        2980
            PRINT 1003,MAXCYC                                                   2990
            GOTO 300                                                            3000
300   C                                                                         3001
      C CHECK THE RUNNING TIME                                                  3002
        219 IF(PCTGAP.LE.0.35)GOTO 300                                          3010
        220 NUMCYC=NUMCYC + 1                                                   3020
            IF(TTOUT.LT.TIMEMAX)GOTO 200                                        3030
305         PRINT 1002,TIMEMAX                                                  3040
      C                                                                         3050
      C                                                                         3060
        300 CONTINUE                                                            3070
            PRINT 2003,TITLE                                                    3080
310         PRINT 1013,EPSI,TIMEMAX,MAXCYC                                      3090
            PRINT 1019,(RUNSEC(I),I=1,MXRUNS)                                   3100
      C                                                                         3130
      C--------CALCULATE TOTAL VEHICLE HOURS AND MILES                          3140
            VEMLS = 0.0                                                         3150
315         VEHRS=0.0                                                           3160
            DO 360 I=1,NLINK                                                    3170
      C--------IGNORE DUMMY LINKS                                              3180
            IF (MOD(NULACO(I),100) .EQ.13) 360,352                              3190
      C+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++  3200
320   C                                                                         3210
      C                                                                         3220
      C                                                                         3230
      C                                                                         3240
        352 VEMLS = VEMLS + VCUM(I) * LDIST(I)                                  3250
325         ICTE=1                                                              3260
            VEHRS=VEHRS+VCUM(I)*USERCST(I,ICTE,0)                               3270
        360 CONTINUE                                                            3280
            VEMLS = VEMLS / 100.                                                3290
      C                                                                         3300
330   C     CONVERSION EN KILOMETRES:                                           3310
            VEMLS = VEMLS*1.60934                                               3320
      C                                                                         3330
            VEHRS=VEHRS/60.0                                                    3340
            ESCONS=PK2*VEHRS+PK1*VEMLS                                          3350
335         VESPD = VEMLS / VEHRS                                               3360
      C                                                                         3370
            PRINT 1015,NUMCYC,PCTGAP                                            3371
         1015 FORMAT(1H1,////,1HG,10X,*VEHICULE EXAMINE: STANDARD-SIZED CAR 74*,3372
           +//,1HG,10X,*PARAMETRES: K1=0.0474 GAL. U.S./KM *,                  3373
340        +//,1HG,10X,*             K2=0.9940 GAL. U.S./HR *,                 3374
           +///,1HG,10X,*NB. D' ITERATIONS: *,I4,                              3375
           +///,1HG,10X,*    "GAP"           *,F5.2,//)                        3376
```

```
      PRINT 1014,VEHRS,VEMLS,VESPD                                          3380
C      CONVERSION EN SYSTEME METRIQUE :                                     3390
      PK1=PK1*3.78532/1.60934                                               3400
      PK2=PK2*3.78532                                                       3410
      ESCONS=ESCONS*3.78532                                                 3420
      CBARRE=CBARRE*3.78532                                                 3430
      PRINT 1041,PK1,PK2,ESCONS,CBARRE                                      3440
 1041 FORMAT(1H1,/////,1HG,10X,*K1= *,F10.7,* LITRES/KM *,                  3450
     +//,1HG,10X,*K2= *,F10.7,* LITRES/HEURE *,                             3451
     +//,1HG,10X,*ESSENCE CONSOMMEE EN LITRES    *,2X,F14.0,                3460
     +///,1HG,10X,*ESSENCE D'EXCES FROID EN LITRES*,2X,F14.0,//             3470
     +///,1HG,10X,*PRINCIPE DESCRITIF DE WARDROP:*,/,                       3471
     +1HG,10X,* ENERGIE-EQUILIBRE *,/,                                     3472
     +1HG,10X,* TEMPERATURE: 10 DEGRES CELCIUS *)                          3473
C                                                                           3490
      IF(IPRT.LE.0)GOTO 100                                                 3510
C                                                                           3520
C------PRINT OUT THE CALCULATED LINK FLOWS AND TRAVEL TIMES                 3530
C                                                                           3540
C                                                                           3550
  317 REWIND NETFIL                                                         3560
      REWIND SOLFIL                                                         3570
      READ (NETFIL,4001) (LINE(I),I=1,10)                                   3580
      NLINE = 45                                                            3590
      NPAGE = 1                                                             3600
      DO 90 N = 1,80                                                        3610
C--------PRINT PAGE HEADING EVERY 45 LINES                                  3620
      IF (NLINE .GE.45) 80,82                                               3630
   80     PRINT 2000,NPAGE,TITLE                                            3640
          NLINE = 0                                                         3650
          NPAGE = NPAGE + 1                                                 3660
C                                                                           3670
   82 NLINE = NLINE + 1                                                     3680
      READ (NETFIL,2004) LINE                                               3690
      ADIST = IDIST / 100.0                                                 3700
      ANULA = NULA / 10.0                                                   3710
      SPEED = ISPEED / 10.0                                                 3720
      TOBS = ITOBS / 100.0                                                  3730
      TPRED = TRAV(N)                                                       3740
      IVPRED = VCUM(N)                                                      3750
      IF (IVOBS .GT. 0) GO TO 85                                            3760
          IVOBS = 8H   NA                                                   3770
          PRINT 2006,N,NORIG,NDEST,ADIST,ANULA,DEFUNC,SPEED,TOBS,           3780
     +                IVOBS,LTYPE,TPRED,IVPRED                             3790
          GO TO 90                                                          3800
   85 PRINT 2005,N,NORIG,NDEST,ADIST,ANULA,DEFUNC,SPEED,TOBS,               3810
     +                IVOBS,LTYPE,TPRED,IVPRED                             3820
   90 CONTINUE                                                              3830
      PRINT 5002                                                            3840
 5002 FORMAT(//,10X,* PAR BESOIN ON PEUT IMPRIMER JUSQU'AU                  3850
     +NLINK*)                                                               3860
  100 CONTINUE                                                              3870
      WRITE(9,2011)(VCUM(I),I=1,NLINK)                                      3880
      END                                                                   3890
```

```
      REAL FUNCTION SUMTRAV(IC1,IC2,LAMBDA)                                  4870
C                                                                            4880
C--------CALCULATE OBJECTIVE FUNCTION  FOR A GIVEN LAMBDA                    4890
C                                                                            4900
C           (FUNCTION Z IN ALGORITHM STEP 4)                                 4910
C                                                                            4911
C                                                                            4912
      COMMON /NET1/ NNODE,NLINK,NCENT,NACTIV,KD(150),NOLAB(1300),            4920
     +              NO(2840),ND(2840),NULACO(2840),LDIST(2840)               4930
      COMMON /NET2/ VCUM(2840),TRAV(2840), FLOW(2840),ODIJ(150)              4940
      COMMON        WKMEM(4300),C,CBARRE,LD(1300),F(1245)                    4950
      COMMON /PARAM/ EPSI , TIMEMAX, MAXCYC, MAXIT, IPCH, IPRT,IPOST         4960
      COMMON /STAT/ RUNSEC(10), ITERAT(10)                                   4970
      COMMON/COEF/  ALPHA(20),BETA(20),GAMMA(20),DELTA(20)                   4980
      COMMON/TETAF/PI                                                        4990
      REAL LAMBDA                                                            5000
      INTEGER DIST                                                           5010
C                                                                            5020
C                                                                            5030
      SUM=0.0                                                                5040
      DO 100 J=1,NLINK                                                       5050
      VOL=VCUM(J) + LAMBDA*FLOW(J)                                           5060
C--------UNPACK DELAY CURVE NUMBER  JC                                       5070
      LTYPE=MOD(NULACO(J),100)                                               5080
      NV=NULACO(J)/100                                                       5090
      NV=MOD(NV,100)                                                         5100
      DIST=LDIST(J)                                                          5110
      CALL FINDCC(LTYPE,SPDFF,CAP,A,B)                                       5120
      CAP=CAP*NV/10                                                          5130
      TOTVOL = VOL                                                           5140
      IF (TOTVOL.GE.0.0) GO TO 10                                            5150
      TOTVOL = 0.0                                                           5160
   10 CONTINUE                                                               5170
      TLCST = 0.00                                                           5180
*---------IF SPEED IS ZERO, RETURN ZERO COST                                 5190
      IF (SPDFF .EQ. 0.0) GOTO 50                                            5200
      DENOM=1.0                                                              5210
      IF(IC1.EQ.1)DENOM=B+1.0                                                5220
      TERME=0.0                                                              5230
      IF(IC2.EQ.1)TERME=PI*DIST*TOTVOL                                       5240
      IF (A .EQ. 0.0) GO TO 2                                                5250
*--------IF CAPACITY IS ZERO AND A NON-ZERO, RETURN ZERO COST               5260
      IF (CAP .EQ. 0.0) GOTO 50                                              5270
*---------FUNCTION : BPR DELAY CURVE                                         5280
      X = (TOTVOL / CAP) **B                                                 5290
      TLCST=DIST*0.6/SPDFF*TOTVOL*(1.0+A*X/DENOM)                            5300
     ++TERME                                                                 5310
      GOTO 50                                                                5320
*                                                                            5330
*---------LINEAR FUNCTION                                                    5340
    2 TLCST = DIST * 0.6 / SPDFF * TOTVOL+TERME                              5350
*                                                                            5360
*                                                                            5370
   50 SUM=SUM+TLCST                                                          5380
  100 CONTINUE                                                               5390
      SUMTRAV=SUM                                                            5400
      RETURN                                                                 5410
```

```
      1              REAL FUNCTION USERCST(J,IC1,IC2 )                                  5430
                C                                                                       5440
                C--------CALCULATE USER COST = TRAVEL TIME FOR LINK J IF                 5450
                C- -- - IC1=1 AND  IC2=0.                                               5451
      5         C                                                                       5460
                     COMMON /NET1/ NNODE,NLINK,NCENT,NACTIV,KD(150),NOLAB(1300),        5470
                    +              NO(2840),ND(2840),NULACO(2840),LDIST(2840)          5480
                     COMMON /NET2/ VCUM(2840),TRAV(2840), FLOW(2840),ODIJ(150)          5490
                     COMMON /COEF/ALPHA(20),BETA(20),GAMMA(20),DELTA(20)                5500
     10              COMMON/TETAF/PI                                                    5510
                     INTEGER DIST                                                       5520
                C                                                                       5530
                C--------UNPACK DELAY CURVE INDEX JC                                   5540
                     VOL=VCUM(J)                                                        5550
     15              LTYPE=MOD(NULACO(J),100)                                           5560
                     NV=NULACO(J)/100                                                   5570
                     NV=MOD(NV,100)                                                     5580
                     DIST=LDIST(J)                                                      5590
                     CALL FINDCC(LTYPE,SPDFF,CAP,A,B)                                   5600
     20              CAP=CAP*NV/10                                                      5610
                     USERCST = 0.0                                                      5620
                     TOTVOL = VOL                                                       5630
                     IF (TOTVOL.GE.0.0) GO TO 10                                        5640
                     TOTVOL=0.0                                                         5650
     25           10 CONTINUE                                                         5660
                *--------IF SPEED IS ZERO RETURN ZERO COST                            5670
                     IF (SPDFF .EQ. 0.0) RETURN                                         5680
                     FACT=1.0                                                           5690
                     IF(IC1.EQ.0)FACT=1.0+B                                             5700
     30              TERME2=0.0                                                         5710
                     IF(IC2.EQ.1)TERME2=PI*DIST                                         5720
                     IF (A .EQ. 0.0) GO TO 2                                            5730
                *-------IF CAPACITY IS ZERO AND A NON-ZERO, RETURN ZERO COST          5740
                     IF (CAP .EQ. 0.0) RETURN                                           5750
     35              *--------FUNCTION : BPR DELAY CURVE                               5760
                     X=(TOTVOL/CAP)**B                                                  5770
                     USERCST=DIST*0.6/SPDFF*(1.0+A*FACT*X)+TERME2                       5780
                     RETURN                                                             5790
                C                                                                       5800
     40              *--------CONSTANT FUNCTION                                        5810
                   2 USERCST = DIST * 0.6 / SPDFF+TERME2                                5820
                     RETURN                                                             5830
                     END                                                                5840
```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

ENTRY POINTS
5 USERCST

VARIABLES	SN	TYPE	RELOCATION					
147 A		REAL		0	ALPHA	REAL	ARRAY	COEF
150 B		REAL		24	BETA	REAL	ARRAY	COEF
146 CAP		REAL		74	DELTA	REAL	ARRAY	COEF

```
      SUBROUTINE GSM(LAMBDA,DELTA,ACCUR,VAL)                                  5850
C                                                                             5860
C     - GOLDEN SECTION METHOD -  SEARCH                                       5870
C                                                                             5880
C        FIND LAMBDA IN THE INTERVAL ZERO TO "DELTA" SUCH THAT                5890
C         THE OBJECTIVE FUNCTION (SUMTRAV) IS MINIMUM.                        5900
C        VAL IS SET TO THE CORRESPONDING OBJECTIVE FUNCTION                   5910
C             VALUE.                                                          5920
C        ACCUR IS THE REQUIRED ACCURACY. THE SEARCH TERMINATES                5930
C              WHEN THE INTERVAL BETWEEN THE LOWER AND UPPER BOUNDS           5940
C              OF LAMBDA IS WITHIN THE REQUIRED ACCURACY.                     5950
C                                                                             5960
      REAL LAMBDA                                                             5970
C                                                                             5980
      TAU=(1.0+SQRT(5.))*.5                                                   5990
      G=0.0                                                                   6000
      D=DELTA                                                                 6010
      XB=D/TAU                                                                6020
      XA=D-XB                                                                 6030
      FXA=SUMTRAV(1,1,XA)                                                     6040
      FXB=SUMTRAV(1,1,XB)                                                     6050
   77 IF(FXA-FXB)80,80,78                                                     6060
   78    G=XA                                                                6070
         XA=XB                                                               6080
         XB=G+D-XA                                                           6090
         FXA=FXB                                                             6100
         FXB=SUMTRAV(1,1,XB)                                                 6110
         GOTO 82                                                             6120
   80 D=XB                                                                   6130
      XB=XA                                                                  6140
      XA=G+D-XB                                                              6150
      FXB=FXA                                                                6160
      FXA=SUMTRAV(1,1,XA)                                                    6170
   82 IF(D-G-ACCUR)83,83,77                                                  6180
C                                                                            6190
   83 LAMBDA=XB                                                              6200
      VAL=FXB                                                                6210
      IF(FXB.LT.FXA)RETURN                                                   6220
      VAL=FXA                                                                6230
      LAMBDA=XA                                                              6240
      RETURN                                                                 6250
      END                                                                    6260
```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

ENTRY POINTS

4	GSM

VARIABLES	SN	TYPE	RELOCATION			
0	ACCUR	REAL	F.P.	140	D	REAL
0	DELTA	REAL	F.P.	143	FXA	REAL
144	FXB	REAL		137	G	REAL
0	LAMBDA	REAL	F.P.	136	TAU	REAL

```
      SUBROUTINE NETWORK                                                        6270
C                                                                               6280
C--------READ IN NETWORK DATA FOR ALL LINKS                                    6290
C                                                                               6300
      COMMON /NET1/ NNODE,NLINK,NCENT,NACTIV,KD(150),NOLAB(1300),               6310
     +              NO(2840),ND(2840),NULACO(2840),LDIST(2840)                  6320
      COMMON /NET2/ VCUM(2840),TRAV(2840), FLOW(2840),ODIJ(150)                 6330
      COMMON        WKMEM(4300),C,CBARRE,LD(1300),F(1245)                       6340
      COMMON /PARAM/ EPSI , TIMEMAX, MAXCYC, MAXIT, IPCH, IPRT,IPOST            6350
      COMMON /STAT/ RUNSEC(10), ITERAT(10)                                      6360
      COMMON /COEF/  ALPHA(20),BETA(20),GAMMA(20),DELTA(20)                     6370
      COMMON /EDIT/LINE(11),L1(26),L2(26),TITLE(10)                             6380
      COMMON /UNIT/ CARD,ODFIL,NETFIL,SOLFIL                                    6390
      INTEGER CARD,ODFIL,NETFIL,SOLFIL                                          6400
      DIMENSION JDEST(150),JDEM(150)                                            6410
      INTEGER DEFUNC                                                            6420
      EQUIVALENCE (NORIG,LINE(1)),(NDEST,LINE(2)),(IDIST,LINE(3)),              6430
     +            (NULA,LINE(4)),(DEFUNC,LINE(5)),(IVOBS,LINE(8))               6440
C                                                                               6450
      DATA MAXERR/3/                                                            6460
C                                                                               6470
 1000 FORMAT(10A8)                                                              6480
 1001 FORMAT(A5,F10.0,F5.0,10I5)                                                6490
 1002 FORMAT(A5,15I5)                                                           6500
 1003 FORMAT(5X,3(I4,1X),I3,I2,1X,I4,1X,2(I5,1X),3(I3,1X))                      6510
 1010 FORMAT (A5,4A10/A5,6A10)                                                  6520
 2001 FORMAT(//,5X,*E03 LINKS NOT SORTED. LINE :*,I4)                           6530
 2002 FORMAT(/5X,*E04 NO. CARDS .NE. NLINKS *,2I8)                              6540
 2051 FORMAT (5X,*E11 TITLE CARDS MISSING : *,A5,5X,A5)                         6550
 2052 FORMAT (5X,*E12 PARAMETER CARD MISSING : *,A5)                            6560
 2053 FORMAT (5X,*E13 SIZE CARD MISSING : *,A5)                                 6570
 2060 FORMAT (5X,*E20 TOO MANY INPUT ERRORS :*,I5)                              6580
 3001 FORMAT(2I5,10(I3,I4))                                                     6590
 3011 FORMAT(/,10X,*E05 ERROR IN INPUT OD MATRIX. TYPE:*,I3,                    6600
     +       *  CARD :*,I5,*  ORIGIN :*,I5)                                    6610
 4001 FORMAT(/10X,*I07 PARTIAL SOLUTION INPUT*,I3)                              6620
 4004 FORMAT(10F8.0)                                                            6630
C                                                                               6640
      ERR=0                                                                     6650
      ICARD=0                                                                   6660
      READ 1010,ID,(TITLE(I),I=1,4),ID2,(TITLE(I),I=5,10)                      6670
      IF (ID .NE. 5HTIT1  .OR. ID2 .NE. 5HTIT2  ) 10,12                         6680
   10     PRINT 2051,ID,ID2                                                     6690
          IERR = IERR + 1                                                       6700
   12 READ 1000,(LINE(I),I=1,10)                                                6710
      REWIND NETFIL                                                             6720
      WRITE(NETFIL,1000) (LINE(I),I=1,10)                                       6730
C                                                                               6740
C--------READ ALGORITHM CONTROL PARAMETERS                                      6750
C                                                                               6760
      READ 1001, ID,EPSI,TIMEMAX,MAXCYC,MAXIT,IPOST,IPCH,IPRT                  6770
      IF (ID .NE. 5HPARM  ) 20,22                                               6780
   20     PRINT 2052,ID                                                        6790
          IERR = IERR + 1                                                       6800
   22 IF(EPSI.LE.0.0) EPSI=0.05                                                 6810
      IF(TIMEMAX.LE.0.0) TIMEMAX=150.0                                          6820
      IF(MAXCYC.LE.0) MAXCYC=10                                                 6830
```

```
      IF(MAXIT.LE.0) MAXIT=15                                                  6840
C                                                                              6850
C--------READ NETWORK DATA AND CREATE NETWORK FILE                             6860
      READ 1002, ID,NNODE,NLINK,NCENT                                          6870
      IF (ID .NE. 5HSIZE  ) 30,32                                              6880
   30     PRINT 2053,ID                                                        6890
          IERR = IERR + 1                                                      6900
   32 IF (IERR .GE. MAXERR) 34,36                                              6910
   34     PRINT 2060,IERR                                                      6920
          CALL EXIT                                                            6930
C                                                                              6940
   36 DO 50 I=1,NNODE                                                          6950
   50     NOLAB(I)=0                                                           6960
      NOLAB(1)=1                                                               6970
      I=0                                                                      6980
      J=1                                                                      6990
   55 I=I+1                                                                    7000
      READ 1003,LINE                                                           7010
      IF (EOF(CARD)) 59,56                                                     7020
   56 NO(I) = NORIG                                                            7030
      ND(I) = NDEST                                                            7040
      LDIST(I)=IDIST                                                           7050
      NULACO(I)=IDIST*10000+NULA*100+DEFUNC                                    7060
      WRITE(8,1003) LINE                                                       7070
C--------SET UP LINK ORIGIN INDEX TABLE NOLAB                                  7080
      IF(NO(I)-J)57,55,58                                                      7090
   57     PRINT 2001,I                                                         7100
          CALL EXIT                                                            7110
   58 J=NO(I)                                                                  7120
      NOLAB(J)=I                                                               7130
      GOTO 55                                                                  7140
C                                                                              7150
   59 I=I-1                                                                    7160
      IF(I.NE.NLINK)60,61                                                      7170
   60     PRINT 2002,I,NLINK                                                   7180
          CALL EXIT                                                            7190
   61 CONTINUE                                                                 7200
      NACTIV=0                                                                 7210
      NOLD=0                                                                   7220
      DO 102 IO=1,NCENT                                                        7230
C                                                                              7240
C     READ IN THE DEMANDS ASSOCIATED WITH THE CURRENT ORIGIN                   7250
C                                                                              7260
C     KD WILL CONTAIN ORIGIN NODE NUMBER OF EACH ORIGIN IN THE                 7270
C        OD MATRIX IN THE ORDER READ IN. KD ENTRY WILL BE NEGATIVE             7280
C        IF THERE IS NO DEMAND FROM THAT ORIGIN.                               7290
C                                                                              7300
      DO 101 I=1,NCENT                                                         7310
  101     ODIJ(I)=0.00                                                         7320
      M=10                                                                     7330
      ICARD=ICARD+1                                                            7340
      READ 3001,N,NT,(L1(J),L2(J),J=1,10)                                      7350
      IF (EOF(CARD)) 105,106                                                   7360
  105     IERR = 2                                                             7370
          GO TO 113                                                            7380
  106 IF(N.EQ.0.OR.N.EQ.NOLD)111,112                                           7390
  111     IERR=1                                                               7400
```

```
          113     PRINT 3011,IERR,ICARD,IO
                  CALL EXIT
          112 KD(IO)=-N
              NOLD=N
        C---------IF NO DEMAND FOR THIS ORIGIN KD ENTRY NEGATIVE
              IF(NT.EQ.0)GOTO 102
              KD(IO)=N
        C---------SET UP DEMAND MATRIX ODIJ FOR THIS ORIGIN
              DO 120 I=1,10
              JDEST(I)=L1(I)
          120 JDEM(I)=L2(I)
              IF(NT.LE.10)GOTO 150
              NUM=NT/10
              IF(NUM*10.EQ.NT) NUM=NUM-1
              DO 121 I=1,NUM
              ICARD=ICARD+1
              READ 3001,N,NT,(L1(J),L2(J),J=1,10)
              IF (EOF(CARD)) 105,126
          126 IF(N.NE.NOLD)GOTO 111
              DO 122 J=1,10
              M=M+1
              JDEST(M)=L1(J)
          122 JDEM(M)=L2(J)
          121 CONTINUE
        C
        C
          150  CONTINUE
              DO 116 J=1,NT
              IF(JDEST(J).EQ.N)GOTO 116
              DEM=JDEM(J)
              NEXT=JDEST(J)
              ODIJ(NEXT)=DEM
              NACTIV=NACTIV+1
          116 CONTINUE
              WRITE(ODFIL) ODIJ
          102 CONTINUE
        C
              RETURN
        C
        C
        C      RE-ESTABLISH PARTIAL SOLUTION
        C
              ENTRY PARTSOL
              PRINT 4001,IPOST
              REWIND SOLFIL
              READ(SOLFIL,1000) (LINE(I),I=1,10)
              PRINT 1000,(LINE(I),I=1,10)
              READ(SOLFIL,4004) (FLOW(I),I=1,NLINK)
              RETURN
              END
```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

```
      SUBROUTINE LOADTR(NN,CNN)                                          7910
C                                                                        7920
C--------ACCUMULATE FLOW ON LINKSUSED ON ROUTE TO ALL DESTINATIONS       7930
C         FROM THE GIVEN ORIGIN (NN)                                     7940
      COMMON /NET1/ NNODE,NLINK,NCENT,NACTIV,KD(150),NOLAB(1300),        7950
     +              NO(2840),ND(2840),NULACO(2840),LDIST(2840)           7960
      COMMON /NET2/ VCUM(2840),TRAV(2840), FLOW(2840),ODIJ(150)          7970
      COMMON        WKMEM(4300),C,CBARRE,LD(1300),F(1245)                7980
      COMMON /PARAM/ EPSI , TIMEMAX, MAXCYC, MAXIT, IPCH, IPRT,IPOST     7990
      COMMON/COEF/  ALPHA(20),BETA(20),GAMMA(20),DELTA(20)               8000
      COMMON /UNIT/ CARD,ODFIL,NETFIL,SOLFIL                             8010
      DIMENSION LPR(1300),SUMJ(1300),NSET(1300)                          8020
      EQUIVALENCE (LPR(1),WKMEM(1)),(SUMJ(1),WKMEM(1301))                8030
      EQUIVALENCE (NSET(1),WKMEM(2601))                                  8040
      INTEGER SOLFIL                                                     8050
      INTEGER WKMEM                                                      8060
      DATA CARD,ODFIL,NETFIL,SOLFIL/6,1,8,7/                             8070
C                                                                        8080
C--------CONSTRUCT SHORTEST PATHS FROM ORIGIN NN TO ALL DESTINATIONS.     8090
      CALL MINTREE(NN)                                                   8100
      LPR(NN)=0                                                          8110
C--------TRACE BACK LINKS ON SHORTEST PATH FOR EACH DESTINATION AND       8120
C         ADD OD VOLUME TO LINK TOTAL.                                   8130
      CC=0.0                                                             8140
      DO 100 I=1,NCENT                                                   8150
      IF(ODIJ(I).LE.0.0)GOTO 100                                         8160
      NEXT=I                                                             8170
  104 L=LPR(NEXT)                                                        8180
      IF(L.EQ.0)GOTO 100                                                 8190
      FLOW(L)=FLOW(L)+ODIJ(I)                                            8200
      NEXT=NO(L)                                                         8210
      IF(NEXT.EQ.NN)243,104                                              8220
  243 IF(LD(I)-1242)242,241,241                                          8230
  242 FGENLDI=F(LD(I)+1)                                                 8240
      GOTO 107                                                           8250
  241 FGENLDI=.143713                                                    8260
  107 CC=CC+FGENLDI*ODIJ(I)                                              8270
  100 CONTINUE                                                           8280
C                                                                        8290
      CNN=CC                                                             8300
      RETURN                                                             8310
      END                                                                8320
                                                                         8330
```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

ENTRY POINTS
4 LOADTR

VARIABLES SN TYPE RELOCATION

0	ALPHA	REAL	ARRAY	COEF	24	BETA	REAL	ARRAY	COEF
10314	C	REAL		/ /	0	CARD	REAL		UNIT
10315	CBARRE	REAL		/ /	77	CC	REAL		

```
                NSET(I)=-1                                                      4470
              C                                                                 4480
     60       C-------SCAN NODE N                                               4490
              C                                                                 4500
                110 I1=NOLAB(N)                                                 4510
                K=N                                                             4520
                120 K=K+1                                                       4530
     65         I2=NOLAB(K) -1                                                  4540
                IF(I2.LT.0)GOTO 120                                             4550
              C                                                                 4560
                NOLDN=LD(N)                                                     4570
                SUMJN=SUMJ(N)                                                   4580
     70         DO 130 I=I1,I2                                                  4590
                NVEAUD=NOLDN+LDIST(I)                                           4600
                M=ND(I)                                                         4610
                VAL=SUMJN+TRAV(I)                                               4620
                IF(VAL.GE.SUMJ(M))GOTO 130                                      4630
     75         SUMJ(M)=VAL                                                     4640
                LPR(M)=I                                                        4650
                 LD(M)=NVEAUD                                                   4660
              C                                                                 4670
              C--------ADD M TO LIST IF FIRST TIME REACH  M  OR LIST HAS        4680
     80       C--------ONLY ONE ELEMENT, ELSE INSERT M AT TOP LIST IF           4690
              C--------M IS NOT ALREADY IN LIST                                 4700
              C                                                                 4710
                IF(NSET(M))121,122,130                                          4720
                121 IF(NSET(N).EQ.MAX)GOTO 122                                  4730
     85         NSET(M)=NSET(N)                                                 4740
                NSET(N)=M                                                       4750
                GOTO 130                                                        4760
                122 NSET(M)=MAX                                                 4770
                NSET(LAST)=M                                                    4780
     90         LAST=M                                                          4790
                130 CONTINUE                                                    4800
              C                                                                 4810
                GOTO 100                                                        4820
                200  CALL SECOND(TTOUT)                                        4830
     95         PTHSEC=PTHSEC + TTOUT - TTIN                                    4840
                RETURN                                                          4850
                END                                                             4860
```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

ENTRY POINTS
4 MINTREE

VARIABLES	SN	TYPE	RELOCATION						
0	ALPHA	REAL	ARRAY	COEF	24	BETA	REAL	ARRAY	COEF
10314	C	REAL		/ /	10315	CBARRE	REAL		/ /
74	DELTA	REAL	ARRAY	COEF	0	EPSI	REAL		PARAM
12742	F	REAL	ARRAY	/ /	13060	FLOW	REAL	ARRAY	NET2
50	GAMMA	REAL	ARRAY	COEF	3	GSMSEC	REAL		STAT
213	I	INTEGER			4	IPCH	INTEGER		PARAM

```
      SUBROUTINE  MINTREE(NN)                                                   3900
C                                                                               3910
C--------CONSTRUCT SHORTEST PATH TO ALL DESTINATIONS FORM ORIGIN NN.           3920
C                                                                               3930
C     LPR(N)  WILL CONTAIN THE NUMBER OF THE LINK INCIDENT                      3940
C             TO NODE I, BELONGING TO A SHORTEST PATH ORIGINATING               3950
C             AT ORIGIN NN (PERMANENT LABEL OF NODE).                           3960
C     LAB(K)  WILL CONTAIN THE CURRENT ADDRESS OF A NODE K IF                   3970
C             IT IN THE HEAP OF CANDIDATES SPECIFIED IN NSET, TSET.             3980
C     NSET AND TSET CONTAIN THE VALUES ASSOCIATED WITH NODE (K)                 3990
C             IN BINARY HEAP ORDER>                                             4000
C     NSET(I) CONTAINS THE NUMBER OF THE LINK INCIDENT TO NODE (K)>             4010
C     TSET CONTAINS THE PATH TIME TO THE NODE (K)>                              4020
C                                                                               4030
      COMMON /NET1/ NNODE,NLINK,NCENT,NACTIV,KD(150),NOLAB(1300),               4040
     +              NO(2840),ND(2840),NULACO(2840),LDIST(2840)                  4050
      COMMON /NET2/ VCUM(2840),TRAV(2840), FLOW(2840),ODIJ(150)                 4060
      COMMON          WKMEM(4300),C,CBARRE,LD(1300),F(1245)                     4070
      COMMON /PARAM/ EPSI , TIMEMAX, MAXCYC, MAXIT, IPCH, IPRT,IPOST            4080
      COMMON /STAT/ RUNSEC(10), ITERAT(10)                                      4090
      COMMON/COEF/  ALPHA(20),BETA(20),GAMMA(20),DELTA(20)                      4100
      DIMENSION LPR(1300),SUMJ(1300),NSET(1300)                                 4110
      EQUIVALENCE (LPR(1),WKMEM(1)),(SUMJ(1),WKMEM(1301))                       4120
      EQUIVALENCE (NSET(1),WKMEM(2601))                                         4130
      EQUIVALENCE (RDSEC,RUNSEC(1)),(ISLSEC,RUNSEC(2)),                         4140
     +            (PRTSEC,RUNSEC(3)),(GSMSEC,RUNSEC(4)),                       4150
     +            (PTHSEC,RUNSEC(5))                                           4160
      DATA MAX/999999/                                                          4170
      CALL SECOND(TTIN)                                                         4180
C                                                                               4190
C--------INITIALISATION                                                        4200
C                                                                               4210
      DO 10 I=1,NNODE                                                           4220
      LD(I)=200000                                                              4230
      LPR(I)=0                                                                  4240
      SUMJ(I)= 1.0E10                                                           4250
      NSET(I)=0                                                                 4260
      IF(NOLAB(I).EQ.0)NSET(I)=MAX                                              4270
   10 CONTINUE                                                                  4280
C                                                                               4290
C--------NO CENTROID WILL BE SCANNED BUT THE ORIGIN                             4300
C                                                                               4310
      DO 20 I=1,NCENT                                                           4320
   20 NSET(I)=MAX                                                               4330
C                                                                               4340
C                                                                               4350
      LAST=NN                                                                   4360
      N=NN                                                                      4370
      SUMJ(N)=0.0                                                               4380
      LD(N)=0                                                                   4390
      GOTO 110                                                                  4400
C                                                                               4410
C--------FETCH NEW NODE FOR SCANNING. IF LIST EMPTY STOP                        4420
C                                                                               4430
  100 I=N                                                                       4440
      N=NSET(N)                                                                 4450
      IF(N.EQ.MAX)GOTO 200                                                      4460
```

```
      SUBROUTINE FINDCC (LTYPE,SPDFF,CAP,A,B)                          8340
*                                                                      8350
*--------USER WRITTEN SUBROUTINE TO DETERMINE PARAMETERS FOR           8360
*          BPR DELAY CURVE                                             8370
*                                                                      8380
*                                                                      8390
*--------WINNIPEG VERSION                                              8400
*                                                                      8410
*          THE LINK TYPE SPECIFIES THE SET OF CHARACTERISTICS TO USE   8420
*          FOR A LINK                                                  8430
*          CAPPL = CAPACITY PER LANE                                   8440
*                                                                      8450
      DIMENSION SPD(18), CAPPL(18), ALPHA(18), BETA(18)                8460
      DATA SPD   /15.0  ,23.0  ,23.0  ,25.0  ,27.0  ,                  8470
     +                 30.0  ,32.4  ,32.4  ,35.3  ,                    8480
     +                       41.4  ,            10.0, 15.0, 60.0,      8490
     +                             41.4  , 41.4  ,                     8500
     +                       55.0  ,55.0  ,55.0  /                     8510
*                                                                      8520
      DATA CAPPL /200., 375., 625., 875., 1250.,                       8530
     +                375., 625., 875., 1250.,                         8540
     +                      625.,           3*0.,                      8550
     +                            875., 1250.,                         8560
     +                      625., 875., 1250./                         8570
*                                                                      8580
      DATA ALPHA /.7312, .6128, .8774, .6846, 1.1465,                  8590
     +                 .6190, .6662, .6822, 1.0300,                    8600
     +                        .6609,              3*.0,                8610
     +                               .5483, 1.0091,                    8620
     +                        .8776, .7699, 1.1491/                    8630
*                                                                      8640
      DATA BETA /3.6596, 3.5038, 4.4683, 5.1644, 4.4239,               8650
     +                 3.6544, 4.9432, 5.1409, 5.5226,                 8660
     +                         5.0906,              3*0.0,             8670
     +                                5.7894, 6.5856,                  8680
     +                         4.9287, 5.3443, 6.8677/                 8690
*                                                                      8700
      LT = LTYPE                                                       8710
      IF (LTYPE .GT. 18) LT = 18                                       8720
      SPDFF = SPD(LT)                                                  8730
      CAP = CAPPL(LT)                                                  8740
      A = ALPHA(LT)                                                    8750
      B = BETA(LT)                                                     8760
      RETURN                                                           8770
      END                                                              8780
```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

ENTRY POINTS
4 FINDCC

APPENDICE 4 : NORMES SUR LA CONSOMMATION MOYENNE DE CARBURANT DES VEHICULES NEUFS AU CANADA.

Objectifs relatifs à la consommation de carburant par les automobiles.

(Ministère des Transports Canada, "INFORMATION", publié le 17 juin 1980).

CONSOMMATIONS MOYENNES DE CARBURANT DES VEHICULES NEUFS AU CANADA

Réelles	L/100 km	m/gal
(ensemble des sociétés)		
1960	15.0	18.7
1965	15.0	18.7
1970	15.5	18.1
1973	16.5	16.8
1974	15.9	17.8
1975	15.3	18.3
1976	13.2	21.4
1977	12.6	22.4
1978	11.5	24.7
1979	11.4	24.8
1980 (projections)	10.5	26.9
Visées		
(chacune des sociétés)		
1980	11.8	24.0
1981	10.7	26.4
1982	9.8	28.8
1983	à annoncer	
1984	à annoncer	
1985	8.6	33.0

APPENDICE 5 : CONVERSION EN SYSTEME METRIQUE.

Conversion en système métrique

1 Gallon U.S. = 3.78532 litres

1 Gallon impérial = 4.54596 litres

1 mille = 1.60934 kms

(Dans le programme les valeurs de k_1, k_2 et θ sont données comme suit:

k_1 en gallon U.S./mille

k_2 en gallon U.S./heure

et $\theta = 0.6 * k_{1/k_2}$)

1 gal U.S./mille = 2.3520946 litres/km

1 gal U.S./heure = 3.78532 litres/heure

1 mille au gallon = 0.354 kilomètre au litre

1 livre = 0.45 kilogrammes

BIBLIOGRAPHIE

[1] Babin A. ,Florian M. and Spiess H. "On network equilibria with generalized cost functions (with application to fuel consumption impacts)".
Publication #188 , Centre de recherche sur les transports Université de Montréal (1980)

[2] Bazaraa S. "Non Linear Programming" Wiley&Sons (1979)

[3] Chang M.F. ,Evans L. and Herman R. "Gasoline consumption in urban traffic" Society of Automotive Engineers ,SAE paper TG0048 (1976).

[4] Cohen S. "Consommation d'énergie des voitures particulières en zone urbaine."
Recherche Transports,n° 26,pp 1-12 (1979).

[5] Cohen S. "Allure et consommation des voitures particulières en ville"
Rapport provisoire I.R.T./ ER-juillet (1978).

[6] Cohen S. "La consommation spécifique des véhicules automobiles sur la route ou la voie urbaine."
Recherche Transports, n° 29,pp 1-11 (1980).

[7] Cohen S. "Coûts d'énergie des véhicules haut et bas de gamme en circulation urbaine."
Recherche Transports, n° 30,pp 15-24 (1980).

[8] Cohen S. "Consommation d'énergie et déplacements de voitures particulières en milieu urbain."
Rapport de recherche I.R.T. ,n° 50 ,France(sept.1981)

[9] Delsay J. "Incidence des départs à froid et de la température ambiante sur la consommation des véhicules à essence."
Recherche Transports ,n° 35,pp 1-13 (1981).

[10] Dow P. and Van Vliet D. "Capacity restrained road assignment". Traffic Engineering and Control , pp 261-273 (1979).

[11] Duval J. "Le guide de l'auto" (un volume par an depuis 1967).

[12] Everall P.F. and Northrop J. "The excess fuel consumed by cars when starting from cold."
RRL LR 315,Berkshire (1970).

[13] Evans L. ,Herman R. and Lam T. "Multivariate analysis of traffic factors related to fuel consumption in urban driving."
Transportation Science 10 ,n° 2,pp 205-215 (1976).

[14] Evans L. ,Herman R. "A simplified approach to calculations of fuel consumption in urban traffic systems."
Traffic Engineering Control n° 17,pp 352-354 (1976).

[15] Evans L. , Herman R. "Automobile fuel economy on fixed urban driving schedules."
Transportation Science 12 ,n° 2,pp. 137-152 (1978).

[16] Ha Thi T.C. "Une revue de la littérature sur la consommation d'essence du trafic urbain."
Document de travail #4,Centre de recherche sur les transports Université de Montréal (1979).

[17] Hamelin P. "Calibration d'une courbe volume-délai."
Publication #193,Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal (1980).

[18] Lamure C. "La consommation spécifique sur la route ou la voie urbaine."
Recherche Transports ,n° 29,pp 1-11 (1980).

[19] Nguyen S. and James Linda "Traffic, an equilibrium Traffic Assignment Program."
Publication #17,Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal (1975).

[20] Nguyen S. "Une approche unifiée des méthodes d'équilibre pour l'affectation du trafic."
Publication #4 ,Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal (1974).

[21] Shull H. ,H. R. Essenhigh and Hebert "Effect of vehicle sized and engine displacement on automobile fuel consumption"
Transp. Res. A ,vol. 13A,pp 175-177 (1979).

[22] Wadhwa L.C. "Simulation and analysis of energy demand for passager automobiles in Australia."
Transp. Res. vol. 14A,pp 235-240 ,n° 4,August 1980.

[23] "Les transports et l'énergie"
RTAC FORUM TRIBUNE DE L'ARTC (pp 6-8,Bergan A.T.)

[24] "Enquête sur la consommation de carburant des automobiles"
Statistique Canada (Programme des enquêtes spéciales,1981).

[25] "Guide sur la consommation de carburant"
Transport Canada (environ un ou deux guides par an depuis 1978).

[26] "Etudes sur les automobilistes canadiens."
Pêches et Environnement Canada,Rapport EPS 3-AP-73-10F(1973).

[27] "A study of potential energy conservation in urban commodity flow:A preliminary Perspective."
RTAC FORUM ,vol. 2, n° 2,pp 5-15 (Morall J.,Thompson R.)

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de stage, Monsieur Michael Florian, pour sa grande disponibilité, ses encouragements, son assistance et ses conseils précis. Je remercie également André Babin, Spiess H., James Linda du groupe "EMME" et Paul Hamelin du C.R.T. pour leur support technique.

Je remercie la Ville de Winnipeg pour les données et le support financier. Je remercie tout le personnel du Centre de Recherche sur les transport (C.R.T.) de l'Université de Montréal qui m'a aidé à paner des mois de stage dans une ambiance chaleureuse, agréable et familiale.

Finalement, je remercie Mme Diane Salconi pour son excellent travail de dactylographie.